

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

ПРАКТИКУМ

Частина 1

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

ПРАКТИКУМ

Частина 1

Івано-Франківськ
«Симфонія форте»
2016

УДК 621.71 + 531.71
ББК 34.417.2
Д68

Затверджено Вченою радою Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» як навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальності «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування» (протокол №7 від 6 червня 2016 р.)

Рецензенти:

Пермяков Олександр Анатолійович, д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Пилипець Михайло Ількович, д-р техн. наук, професор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Відповідальний редактор

Равська Наталія Сергіївна, д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Д68 **Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум.**
Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко,
О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник,
О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.
ISBN 978-966-286-096-2

Навчальний посібник містить теоретичні та нормативні матеріали для виконання практичних задач з призначення допусків і посадок гладких з'єднань, з встановлення точності форми, розташування та шорсткості елементів деталей, допусків кутів, конічних деталей та з'єднань, з призначення невказаних граничних відхилень і допусків та відповідні практичні завдання. Наведено приклади розрахунків та вибору допусків і посадок.

Призначено для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 621.71 + 531.71
ББК 34.417.2

© Адаменко Ю.І., Герасимчук О.М.
Майданюк С.В., Мініцька Н.В.,
Пасічник В.А., Плівак О.А.
© НТУУ «КПІ», 2016

ISBN 978-966-286-096-2

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. Допуски і посадки гладких з'єднань	6
1.1. Основні терміни та визначення	6
1.2. Нормальні лінійні розміри	10
1.3. Єдина система допусків і посадок	10
1.4. Позначення полів допусків і посадок на кресленнях	20
1.5. Розрахунок характеристик посадок	21
1.6. Контрольні запитання	27
1.7. Контрольні завдання	28
РОЗДІЛ 2. Допуски форми та розташування поверхонь	29
2.1. Основні терміни та визначення	29
2.2. Відхилення та допуски форми поверхонь	30
2.3. Відхилення та допуски розташування поверхонь	34
2.4. Сумарні відхилення та допуски форми та розташування повер- хонь	39
2.5. Залежні та незалежні допуски	41
2.6. Нормування допусків форми та розташування поверхонь	43
2.7. Позначення допусків форми та розташування на кресленнях ..	46
2.8. Контрольні запитання	53
2.9. Контрольні завдання	54
РОЗДІЛ 3. Шорсткість поверхонь	57
3.1. Основні терміни та визначення	57
3.2. Позначення шорсткості	60
3.3. Нормування шорсткості	61
3.4. Контрольні запитання	64
3.5. Контрольні завдання	64
РОЗДІЛ 4. Вибір посадок	66
4.1. Вибір посадок з натягом	66
4.2. Вибір посадок з зазором	76
4.3. Вибір перехідних посадок	84
4.4. Контрольні запитання	91
4.5. Контрольні завдання	91
РОЗДІЛ 5. Допуски кутів, конусів та конічних з'єднань	95
5.1. Допуски кутів	95
5.2. Допуски конусів	97
5.3. Посадки конічних з'єднань	102
5.4. Розрахунок граничних базових відстаней конічного з'єднання	111

5.5. Позначення розмірів, допусків та посадок конусів на кресленнях	115
5.6. Контрольні запитання	127
5.7. Контрольні завдання	127
РОЗДІЛ 6. Невказані граничні відхилення лінійних, кутових розмірів, допуски форми та розташування поверхонь	
6.1. Невказані граничні відхилення лінійних та кутових розмірів ..	129
6.2. Допуски форми та розташування поверхонь, що не вказані індивідуально	131
6.3. Контрольні запитання	132
Додатки	133
Список використаної літератури	159
Список використаних нормативних документів	160
Предметний покажчик	162

ВСТУП

Під час проектно-конструкторської та технологічної підготовки виробництва, під час виконання курсових та дипломних проектів, пов'язаних з проектуванням машинобудівної продукції, виникає необхідність призначення на кресленнях посадок та вимог до параметрів геометричної точності деталей. Обґрунтований, раціональний вибір посадок та допусків геометричних параметрів визначає правильне функціонування вузла, його надійність, довговічність, ремонтпридатність.

Призначення занадто точних допусків розмірів, форми, розташування та шорсткості поверхонь призводить до невиправданого підвищення вартості виготовлення та контролю деталей, а відповідно і зниження конкурентоспроможності виробу. З іншого боку, призначення широких допусків може призвести до зниження якості виробу та погіршення його експлуатаційних характеристик. Перед конструктором стоїть завдання, враховуючи особливості конструкції вузла та технічні вимоги щодо його функціонування, призначити необхідні і достатні, економічно обґрунтовані допуски геометричних параметрів деталей.

У посібнику наведені теоретичні положення основних норм взаємозамінності, розглянуті основні критерії і методи вибору посадок для циліндричних і конічних з'єднань, допусків форми, розташування та шорсткості поверхонь, розглянуто методи розрахунку розмірних ланцюгів, наведені практичні рекомендації і приклади розрахунку характеристик типових з'єднань. Велика увага приділяється нанесенню на кресленнях деталей машин допусків розмірів, форми і розташування поверхонь, вимог до шорсткості відповідно до чинних стандартів. Для закріплення матеріалу дисципліни в посібнику запропоновані контрольні питання та варіанти завдань для самостійного виконання. У додатках до кожного розділу наведені необхідні довідкові матеріали.

Під час підготовки посібника автори використовували чинні стандарти та прийняту на підприємствах термінологію. Проте виникла низка питань пов'язаних з термінологією, оскільки в чинних в Україні різних стандартах одночасно використовуються різні терміни, наприклад, «відхилення» - «відхил», «креслення» - «кресленик», «різьба» - «нарізь», «підшипник» - «вальниця» тощо. Очевидно, що з часом сформуються загальноприйняті варіанти застосування термінів в науковому, навчальному та виробничому середовищах.

Автори посібника не ставлять собі за мету дати якомога більше різноманітних завдань із розрахунку допусків та посадок, а обмежуються лише вирішенням найбільш важливих з практичної точки зору задач, які є типовими в інженерній практиці машинобудівного виробництва.

РОЗДІЛ 1. ДОПУСКИ І ПОСАДКИ ГЛАДКИХ З'ЄДНАНЬ

1.1. Основні терміни та визначення

Терміни та визначення допусків і посадок для гладких елементів деталей встановлені у ДСТУ ISO 286-1-2002 та ДСТУ 2500-94. На цих термінах базуються поняття про допуски та посадки не тільки гладких елементів (циліндричних і обмежених паралельними площинами), а і будь-яких інших (конічних, різьбових тощо). Основні терміни та визначення з'єднань та їх елементів наведено за ДСТУ 2500-94.

Вал – термін, що умовно застосовується для позначення зовнішніх елементів деталей, включаючи і нециліндричні елементи.

Отвір – термін, що умовно застосовується для позначення внутрішніх елементів деталей, включаючи і нециліндричні елементи.

Умовні позначення, які застосовуються для валів записуються малими латинськими літерами, а для отворів - великими.

Розмір – числове значення лінійної величини (діаметра, довжини тощо) у вибраних одиницях вимірювання. В машинобудуванні розміри деталей задаються у міліметрах.

Дійсний розмір – розмір елемента, встановлений вимірюванням з допустимою похибкою.

Граничні розміри – два гранично допустимі розміри елемента, між якими повинен знаходитись (або яким може дорівнювати) дійсний розмір.

Найбільший граничний розмір D_{max} , d_{max} – найбільший допустимий розмір елемента.

Найменший граничний розмір D_{min} , d_{min} – найменший допустимий розмір елемента.

Номинальний розмір D , d – розмір, відносно якого визначаються відхилення.

Відхилення – алгебраїчна різниця між розміром (дійсним або граничним) і відповідним номінальним розміром.

Дійсне відхилення E_d , e_d – алгебраїчна різниця між дійсним і відповідним номінальним розмірами.

Граничне відхилення – алгебраїчна різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами.

Розрізняють верхнє та нижнє граничні відхилення.

Верхнє відхилення ES , es – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і відповідним номінальним розмірами:

для отвору

$$ES = D_{max} - D ; \quad (1.1)$$

для вала

$$es = d_{max} - d . \quad (1.2)$$

Нижнє відхилення EI , ei – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і відповідним номінальним розмірами:

для отвору

$$EI = D_{\min} - D; \quad (1.3)$$

для вала

$$ei = d_{\min} - d. \quad (1.4)$$

Середнє відхилення E_c , e_c – середнє арифметичне верхнього та нижнього відхилень.

Допуск T – різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями:

для отвору

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} \quad (1.5)$$

або

$$T_D = ES - EI; \quad (1.6)$$

для вала

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} \quad (1.7)$$

або

$$T_d = es - ei. \quad (1.8)$$

Стандартний допуск – будь-який з допусків, що встановлюється системою допусків та посадок.

Стандартний допуск, встановлений системою допусків і посадок для гладких з'єднань позначають **IT**. Зазвичай, в системі допусків та посадок під терміном «допуск» розуміють «стандартний допуск».

Поле допуску – поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами, яке визначається величиною допуску і його положенням відносно номінального розміру.

В разі графічного зображення поле допуску розташоване між двома лініями, що відповідають верхньому та нижньому відхиленням відносно нульової лінії (рис. 1.1).

Нульова лінія – лінія, що відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхилення розмірів в разі графічного зображення полів допусків та посадок.

Якщо нульова лінія розташована горизонтально, то додатні відхилення відкладаються вгору від неї, а від'ємні – вниз (рис. 1.1).

Основне відхилення – одне з двох граничних відхилень (верхнє або нижнє), що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії. В Єдиній системі допусків і посадок - це відхилення, найближче до нульової лінії.

Посадка – характер з'єднання двох деталей, визначений різницею їх розмірів до складання.

Номінальний розмір посадки – номінальний розмір, спільний для отвору і вала, що складають з'єднання.

Допуск посадки – сума допусків отвору і вала, що складають з'єднання.

Зазор S – різниця між розмірами отвору і вала, якщо розмір отвору більший за розмір вала (рис. 1.2, а).

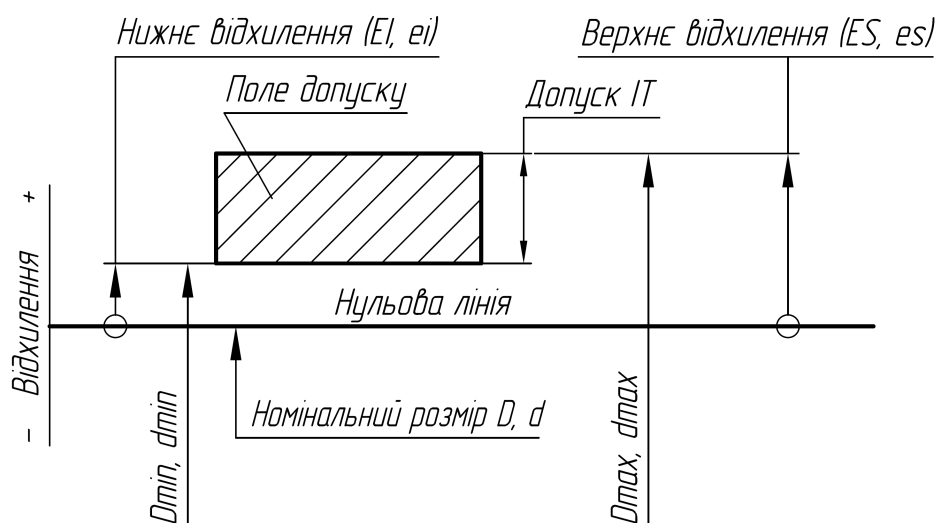


Рис. 1.1 - Основні елементи поля допуску

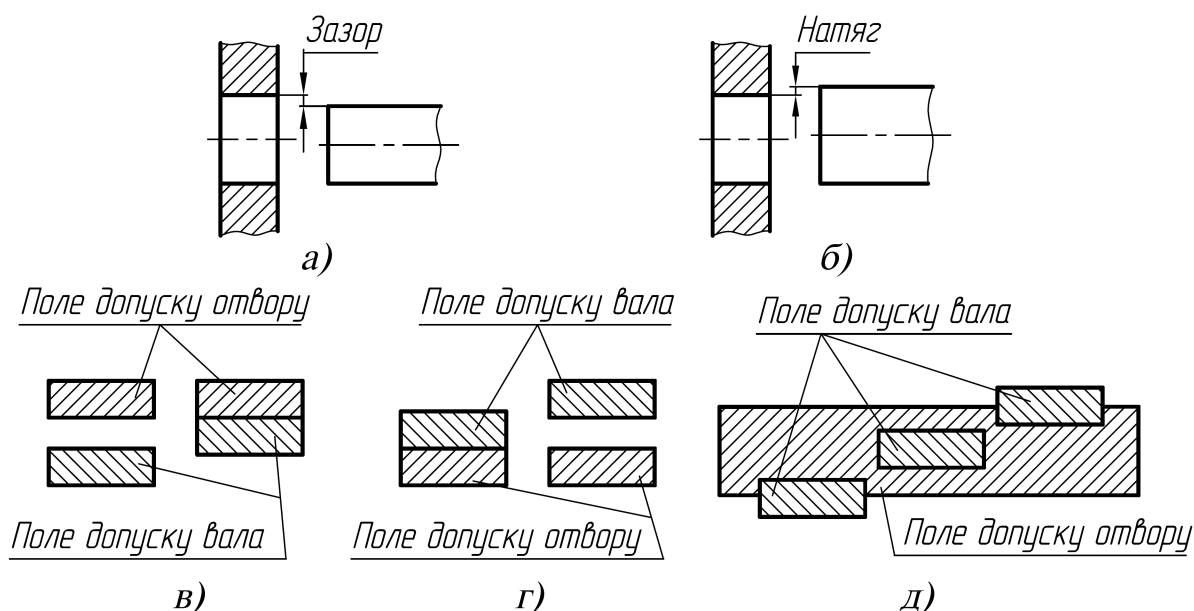


Рис. 1.2 - Ескізи та схеми полів допусків посадок: із зазором (а, в), з натягом (б, г), перехідних (д)

Натяг N – різниця між розмірами вала та отвору до складання, якщо розмір вала більший за розмір отвору (рис. 1.2, б).

Посадка з зазором – посадка, за якою завжди у з'єднанні утворюється зазор, тобто найменший граничний розмір отвору більший за найбільший граничний розмір вала або дорівнює йому.

В разі графічного зображення схеми посадки із зазором поле допуску отвору розташовується над полем допуску вала (рис. 1.2, в).

Посадка з натягом – посадка, за якою завжди у з'єднанні утворюється натяг, тобто найбільший граничний розмір отвору менший за найменший граничний розмір вала або дорівнює йому.

В разі графічного зображення схеми посадки з натягом поле допуску отвору розташовується під полем допуску вала (рис. 1.2, г).

Перехідна посадка – посадка, за якою можливе отримання як зазору, так і натягу в з'єднанні, в залежності від дійсних розмірів отвору і вала.

В разі графічного зображення схеми перехідної посадки поля допусків отвору і вала перекриваються повністю або частково (рис. 1.2, д).

Найбільший зазор S_{\max} – різниця між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала в посадці із зазором або перехідній посадці:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (1.9)$$

або

$$S_{\max} = ES - ei. \quad (1.10)$$

Найменший зазор S_{\min} – різниця між найменшим граничним розміром отвору і найбільшим граничним розміром вала в посадці із зазором:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (1.11)$$

або

$$S_{\min} = EI - es. \quad (1.12)$$

Середній зазор S_c – середнє арифметичне найбільшого та найменшого зазорів:

$$S_c = (S_{\max} + S_{\min}) / 2. \quad (1.13)$$

Допуск посадки із зазором T_S визначається, як

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} \quad (1.14)$$

або

$$T_S = T_D + T_d. \quad (1.15)$$

Найбільший натяг N_{\max} – різниця між найбільшим граничним розміром вала і найменшим граничним розміром отвору до складання в посадці з натягом або перехідній посадці:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} \quad (1.16)$$

або

$$N_{\max} = es - EI. \quad (1.17)$$

Найменший натяг N_{\min} – різниця між найменшим граничним розміром вала і найбільшим граничним розміром отвору до складання в посадці з натягом:

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} \quad (1.18)$$

або

$$N_{\min} = ei - ES. \quad (1.19)$$

Середній натяг N_c – середнє арифметичне найбільшого та найменшого натягів:

$$N_c = (N_{\max} + N_{\min}) / 2. \quad (1.20)$$

Допуск посадки з натягом T_N визначається, як

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} \quad (1.21)$$

або

$$T_N = T_D + T_d. \quad (1.22)$$

Допуск перехідної посадки T_{SN} визначається, як

$$T_{SN} = S_{\max} + N_{\max} \quad (1.23)$$

або

$$T_{SN} = T_D + T_d. \quad (1.24)$$

1.2. Нормальні лінійні розміри

Номінальні розміри деталей слід призначати з рядів нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Нормальні лінійні розміри встановлені у чотирьох основних рядах: *Ra 5*, *Ra 10*, *Ra 20*, і *Ra 40* (табл. А.1). Під час вибору розмірів перевагу слід надавати ряду з більш крупною градацією розмірів, тобто в першу чергу використовують ряд *Ra 5* і в останню – *Ra 40*.

1.3. Єдина система допусків і посадок

Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) відповідає міжнародній системі допусків і посадок - ISO і поширюється на гладкі циліндричні з'єднання, а також на не спряжені елементи з гладкими циліндричними або з плоскими паралельними поверхнями, без обмежень за матеріалами деталей та способами обробки.

Основними перевагами використання Єдиної системи допусків і посадок є можливість розширення зовнішньої торгівлі, міжнародної наукової та техніко-економічної співпраці; більший діапазон і більш рівномірна градація числових значень допусків, посадок, зазорів і натягів, а також можливість її використання і для інших видів з'єднань деталей (шпонкових, шліцьових тощо).

В ЄСДП встановлено:

- інтервали номінальних розмірів;
- квалітети;
- формули для визначення допусків та основних відхилень;
- числові значення допусків та основних відхилень;
- поля допусків загального призначення та їхні граничні відхилення;
- посадки в системі отвору і посадки в системі вала;
- рекомендації з утворення посадок.

Допуски та посадки, встановлені системою, відносяться до деталей, розміри яких визначені за нормальної температури, яка становить 20 °С.

Інтервали номінальних розмірів. Єдина система допусків і посадок поширюється на діапазон розмірів гладких циліндричних або плоских поверхонь до 40000 мм. Усі розміри розбиті на інтервали: основні і проміжні (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Інтервали номінальних розмірів, мм (за ДСТУ 2500-94, фрагмент)

Основні інтервали					Проміжні інтервали				
Понад	0	до	3	включно	-				
«	3	«	6	«	-				
«	6	«	10	«	-				
«	10	«	18	«	Понад	10	до	14	включно
					«	14	«	18	«
«	18	«	30	«	«	18	«	24	«
					«	24	«	30	«
«	30	«	50	«	«	30	«	40	«
					«	40	«	50	«
«	50	«	80	«	«	50	«	65	«
					«	65	«	80	«
«	80	«	120	«	«	80	«	100	«
					«	100	«	120	«
«	120	«	180	«	«	120	«	140	«
					«	140	«	160	«
					«	160	«	180	«
«	180	«	250	«	«	180	«	200	«
					«	200	«	225	«
					«	225	«	250	«
«	250	«	315	«	«	250	«	280	«
					«	280	«	315	«
«	315	«	400	«	«	315	«	355	«
					«	355	«	400	«
«	400	«	500	«	«	400	«	450	«
					«	450	«	500	«
«	500	«	630	«	«	500	«	560	«
					«	560	«	630	«

Інтервали побудовані таким чином, що перша цифра інтервалу не входить в цей інтервал, а остання входить. Наприклад, номінальний розмір 30 мм входить в інтервал «понад 18 до 30 мм».

Квалітети. Квалітет (міра точності) – сукупність допусків, що розглядаються, як відповідні одному рівню точності для всіх номінальних розмірів.

В ЄСДП передбачено 20 квалітетів: 01; 1; 2; ...; 16; 17; 18. Найточніший з них – 01-й, а найгрубіший – 18-й.

Допуск у квалітеті однаковий, як для валів, так і для отворів одного номінального розміру.

Найточніші квалітети (01, 1, 2, 3, 4), як правило, застосовуються для виготовлення зразкових мір та калібрів.

Квалітети з 5-го по 12-й, як правило, застосовуються для спряжених елементів деталей.

Квалітети з 12-го по 18-й застосовуються для не спряжених елементів деталей.

Формули допусків. Формули для розрахунку допусків за квалітетами наведено в таблиці 1.2. Починаючи з 2-го квалітету допуск визначається за формулою:

$$IT = k \cdot i, \quad (1.25)$$

де k – число одиниць допуску, встановлене для кожного квалітету; i – одиниця допуску.

Для розмірів більше 500 мм одиниця допуску позначається I .

Одиниця допуску i (I) – множник у формулах допусків, що є функцією номінального розміру та який служить для визначення числового значення допуску.

Таблиця 1.2

Формули розрахунку допусків (за ДСТУ 2500-94, фрагмент)

Квалітети		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число одиниць допуску k		2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Значення допусків для номінальних розмірів, мкм	до 500мм включно	$k \cdot i, \text{ де } i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$																
	понад 500 до 3150мм включно	$k \cdot i, \text{ де } i = 0,004 \cdot D + 2,1$																

Примітки: 1. D – середнє геометричне із крайніх значень кожного інтервалу номінальних розмірів в мм. Для інтервалу до 3 мм приймається $D = \sqrt{3}$.

2. Значення k , починаючи з 5-го квалітету, приблизно відповідають геометричній прогресії з коефіцієнтом 1,6.

3. Значення допусків для квалітетів 2, 3 і 4 приблизно є членами геометричної прогресії, першим та останнім членами якої є значення допусків квалітетів 1-го та 5-го.

4. Починаючи з 6-го квалітету, значення допусків помножують на 10 в разі переходу з цього квалітету на п'ять квалітетів грубіше (за винятком значення 7,5, яке округляють до 8 для 6-го квалітету в інтервалі розмірів від 3 до 6 мм). Це правило є дійсним і для допусків грубіших 16-го квалітету.

Відповідно до формул, наведених в табл. 1.2, одиниця допуску i (I) є величиною постійною для усіх розмірів, що входять в певний інтервал. Тому і числові значення допусків однакові для кожного з номінальних розмірів, що знаходяться в межах певного інтервалу (табл. А.2).

В межах одного квалітету числові значення допусків зростають із збільшенням крайніх значень інтервалу, а в межах одного інтервалу розмірів допуски зростають із збільшенням номера квалітету (табл. А.2).

Основні відхилення. В ЄСДП основні відхилення позначають літерами латинського алфавіту: отворів – великими, а валів – малими.

В діапазоні розмірів до 500 мм передбачено 28 основних відхилень отворів: $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$ і стільки ж – для валів: $a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, та zc$.

Схему розташування основних відхилень отворів та валів відносно нульової лінії показано на рис. 1.3.

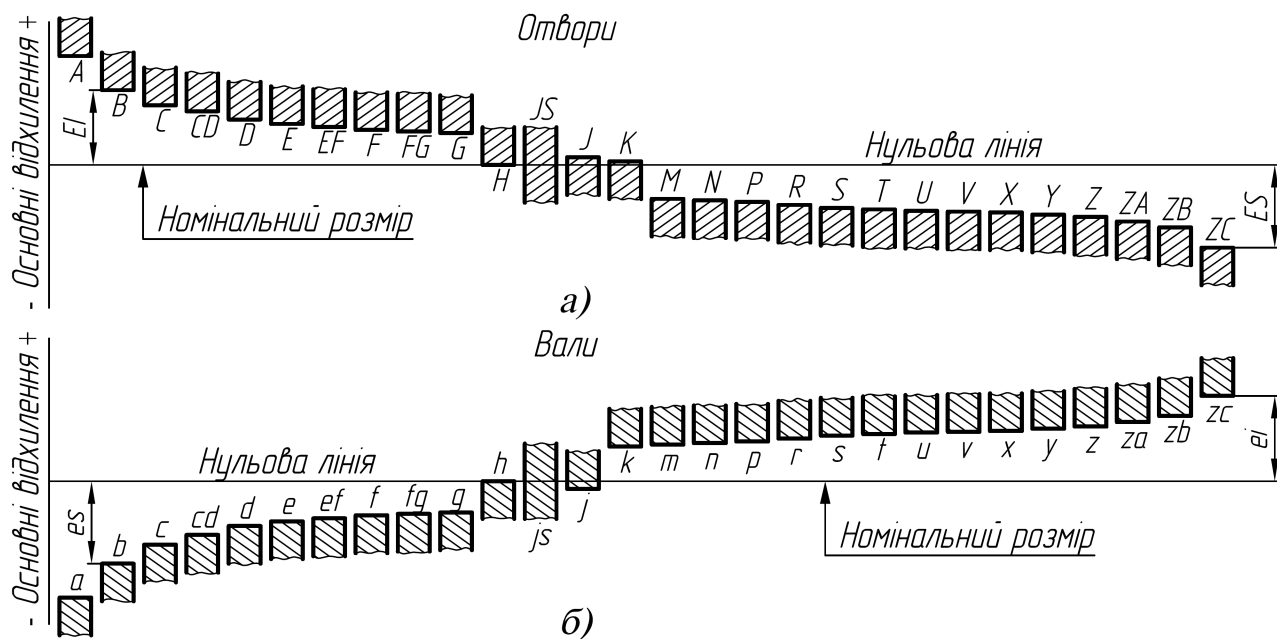


Рис. 1.3 - Схема розташування полів допусків отворів (а) та валів (б) відносно нульової лінії

Числові значення основних відхилень отворів наведено в табл. А.3, а валів – в табл. А.4.

Для отворів з основними відхиленнями від A до H , поля допусків яких знаходяться вище нульової лінії (рис. 1.3, а), встановлено числові значення нижніх відхилень EI , а для отворів з основними відхиленнями від J до ZC , поля допусків яких знаходяться нижче нульової лінії, встановлено числові значення верхніх відхилень ES (табл. А.3).

Для валів з основними відхиленнями від a до h , чиї поля допусків знаходяться під нульовою лінією (рис. 1.3, б), встановлено числові значення верхніх відхилень es . Для валів з основними відхиленнями від j до zc , поля допусків яких знаходяться над нульовою лінією, встановлено числові значення нижніх відхилень ei (табл. А.4).

Основні відхилення отвору і вала, позначені однаковими літерами, розташованими симетрично відносно нульової лінії:

для отворів від A до H

$$EI = -es;$$

від J до ZC , відповідно,

$$ES = -ei.$$

Наприклад, значення основного відхилення A для розміру 30 мм становить (табл. А.3):

$$EI = +300 \text{ мкм},$$

а основного відхилення a для цього розміру становить (табл. А.4):

$$es = -300 \text{ мкм}.$$

Це правило дійсне для усіх основних відхилень отворів, за винятком основних відхилень J , K , M , N до 8-го квалітету включно, та основних відхилень від P до ZC до 7-го квалітету включно. Для цих основних відхилень діє спеціальне правило, за яким:

$$ES = -ei + \Delta,$$

де Δ - поправка, що дорівнює різниці між допусками даного квалітету і найближчого більш точного (вибирається за квалітетом з додаткових граф табл. А.3).

Це правило дозволяє отримувати ідентичні зазори і натяги в двох аналогічних посадках в системі отвору та в системі вала, в яких вал виготовляється на один квалітет точніше за отвір, наприклад, $H7/p6$ та $P7/h6$.

Для основних відхилень JS, js граничні відхилення залежать від допуску (квалітету):

$$ES(es) = +IT/2; \quad EI(ei) = -IT/2.$$

Від квалітету залежать також значення основних відхилень валів j та k (табл. А.4).

Таким чином, в ЄСДП для будь-якого поля допуску наведено значення тільки одного з граничних відхилень – основного, тобто найближчого до нульової лінії. Друге граничне відхилення, неосновне, визначається за однією із формул:

для отвору

$$IT_D = ES - EI; \quad (1.26)$$

для вала

$$IT_d = es - ei. \quad (1.27)$$

Умове позначення поля допуску складається з умовного позначення основного відхилення літерою латинського алфавіту та квалітету. Наприклад: поля допусків валів – $k6, f7$; поля допусків отворів – $H7, U8$.

Умове позначення посадки складається з умовних позначень отвору та валу записаних у вигляді дробу з горизонтальною або нахиленою рисою:

$$\frac{U8}{h7}, H7/k6.$$

Системи посадок. Однакові зазори та натяги в ЄСДП можна отримати в посадках в системі отвору або в системі вала.

Посадка в системі отвору – це посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків валів з полем допуску основного отвору (рис. 1.4, а).

Основний отвір – це отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Йому відповідає основне відхилення H .

Поєднуючи вали з основними відхиленнями від a до zc з основними отворами H , отримують посадки в системі отвору. Посадки з зазором забезпечуються поєднанням основного отвору H з валами $a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h$; перехідні посадки – з валами js, j, k, m, n , а посадки з натягом – з валами $p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc$.

Посадка в системі вала – це посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків отворів з полем допуску основного вала (рис. 1.4, б).

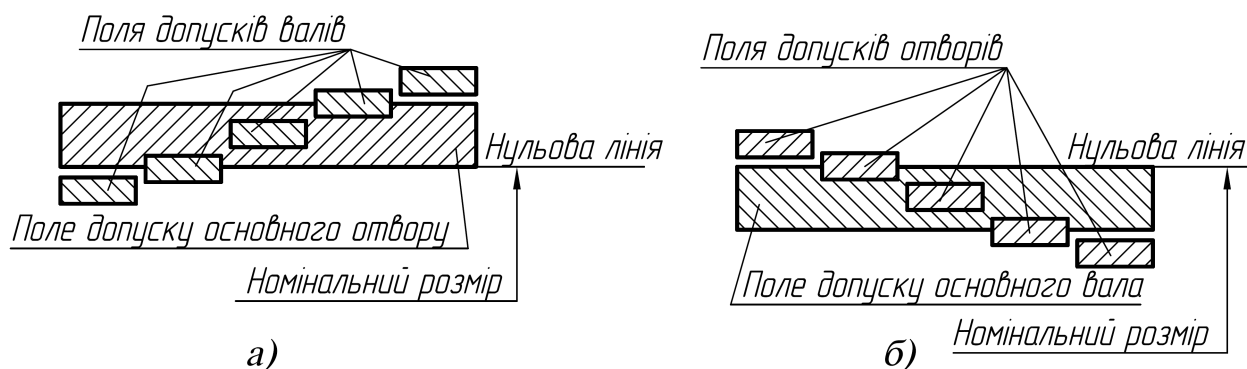


Рис. 1.4 - Схеми полів допусків посадок в системі отвору (а) та в системі вала (б)

Основний вал – це вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю. Йому відповідає основне відхилення h .

Поєднуючи отвори з основними відхиленнями від A до ZC з основними валами h , отримують посадки в системі вала. Посадки з зазором забезпечуються поєднанням основного вала h з отворами $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H$; перехідні посадки – з отворами JS, J, K, M, N , а посадки з натягом – з отворами $P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$.

Поля допусків для отворів та валів встановлено ДСТУ ISO 286-2-2002 та ГОСТ 25347-82. Рекомендовані, переважні та додаткові поля допусків для валів та отворів за ГОСТ 25347-82 наведені в табл. 1.3 та 1.4, а поля допусків за ДСТУ ISO 286-2-2002 у табл. 1.5 та 1.6.

Таблиця 1.3

Рекомендовані, переважні та додаткові поля допусків валів для номінальних розмірів від 1 до 500 мм. (за ГОСТ 25347-82)

Квалітет	Основні відхилення																											
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
01											h01	js01*																
0											h0*	js0*																
1											h1*	js1*																
2											h2*	js2*																
3											h3*	js3*																
4								f4	fg4	g4	h4	js4		k4	m4	n4	p4											
5						e5	ef5	f5	fg5	g5	h5	js5	j5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5							
6					d6	e6	ef6	f6	fg6	g6	h6	js6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6		z6			
7					d7	e7	ef7	f7		g7	h7	js7	j7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7		z7			
8			c8		d8	e8	ef8	f8		g8	h8	js8*							s8		u8		x8		z8	za8	zb8	zc8
9	a9	b9	c9	cd9	d9	e9		f9			h9	js9*											x9		z9			
10					d10						h10	js10*																
11	a11	b11	c11		d11						h11	js11*																
12		b12	c12		d12						h12	js12*																
13	a13	b13									h13	js13*																
14											h14	js14*																
15											h15	js15*																
16											h16	js16*																
17											h17	js17*																
18											h18	js18*																

Примітка. Поля допусків, що позначені *, як правило, не призначені для посадок.

Таблиця 1.4

Рекомендовані, переважні та додаткові поля допусків отворів для номінальних розмірів від 1 до 500 мм. (за ГОСТ 25347-82)

Квалі-тет	Основні відхилення																									
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	
01											H01*	JS01*														
0											H0*	JS0*														
1											H1*	JS1*														
2											H2*	JS2*														
3											H3*	JS3*														
4											H4*	JS4*														
5						E5	EF5	F5	FG5	G5	H5	JS5		K5	M5	N5	P5									
6					D6	E6	EF6	F6	FG6	G6	H6	JS6	J6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6						
7					D7	E7	EF7	F7		G7	H7	JS7	J7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7					
8			C8		D8	E8	EF8	F8			H8	JS8	J8	K8	M8	N8	P8	R8			U8			Z8		
9	A9	B9	C9	CD9	D9	E9		F9			H9	JS9*				N9	P9									
10					D10	E10		F10			H10	JS10*				N10										
11	A11	B11	C11		D11						H11	JS11*														
12		B12	C12		D12						H12	JS12*														
13	A13	B13	C13								H13*	JS13*														
14											H14*	JS14*														
15											H15*	JS15*														
16											H16*	JS16*														
17											H17*	JS17*														
18											H18*	JS18*														

Примітка. Поля допусків, що позначені *, як правило, не призначені для посадок.

Таблиця 1.5

Поля допусків валів для номінальних розмірів до 500 мм.
(за ДСТУ ISO 286-2-2002)

Квалі-тет	Основні відхилення																									
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za
1											h1	js1														
2											h2	js2														
3						ef3	f3	fg3	g3	h3	js3		k3	m3	n3	p3	r3	s3								
4						ef4	f4	fg4	g4	h4	js4		k4	m4	n4	p4	r4	s4								
5				cd5	d5	e5	ef5	f5	fg5	g5	h5	js5	j5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5	v5	x5			
6				cd6	d6	e6	ef6	f6	fg6	g6	h6	js6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6	y6	z6	za6
7				cd7	d7	e7	ef7	f7	fg7	g7	h7	js7	j7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7	y7	z7	za7
8			c8	cd8	d8	e8	ef8	f8	fg8	g8	h8	js8	j8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	t8	u8	v8	x8	y8	z8	za8
9	a9	b9	c9	cd9	d9	e9	ef9	f9	fg9	g9	h9	js9		k9	m9	n9	p9	r9	s9		u9		x9	y9	z9	za9
10	a10	b10	c10	cd10	d10	e10	ef10	f10	fg10	g10	h10	js10		k10			p10	r10	s10				x10	y10	z10	za10
11	a11	b11	c11		d11						h11	js11		k11											z11	za11
12	a12	b12	c12		d12						h12	js12		k12												
13	a13	b13			d13						h13	js13		k13												
14											h14	js14														
15											h15	js15														
16											h16	js16														
17											h17	js17														
18											h18	js18														

Таблиця 1.6

**Поля допусків отворів для номінальних розмірів до 500 мм.
(за ДСТУ ISO 286-2-2002)**

Квалітет	Основні відхилення																											
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
1											H1	JS1																
2											H2	JS2																
3							EF3	F3	FG3	G3	H3	JS3		K3	M3	N3	P3	R3	S3									
4							EF4	F4	FG4	G4	H4	JS4		K4	M4	N4	P4	R4	S4									
5						E5	EF5	F5	FG5	G5	H5	JS5		K5	M5	N5	P5	R5	S5	T5	U5	V5	X5					
6				CD6	D6	E6	EF6	F6	FG6	G6	H6	JS6	J6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6	V6	X6	Y6	Z6	ZA6		
7				CD7	D7	E7	EF7	F7	FG7	G7	H7	JS7	J7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	V7	X7	Y7	Z7	ZA7	ZB7	ZC7
8		B8	C8	CD8	D8	E8	EF8	F8	FG8	G8	H8	JS8	J8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8	U8	V8	X8	Y8	Z8	ZA8	ZB8	ZC8
9	A9	B9	C9	CD9	D9	E9	EF9	F9	FG9	G9	H9	JS9		K9	M9	N9	P9	R9	S9		U9		X9	Y9	Z9	ZA9	ZB9	ZC9
10	A10	B10	C10	CD10	D10	E10	EF10	F10	FG10	G10	H10	JS10		K10	M10	N10	P10	R10	S10		U10		X10	Y10	Z10	ZA10	ZB10	ZC10
11	A11	B11	C11		D11						H11	JS11				N11									Z11	ZA11	ZB11	ZC11
12	A12	B12	C12		D12						H12	JS12																
13	A13	B13	C13		D13						H13	JS13																
14											H14	JS14																
15											H15	JS15																
16											H16	JS16																
17											H17	JS17																
18											H18	JS18																

Переважні і рекомендовані посадки для діапазону розмірів 1...500 мм в системі отвору та в системі валу наведено в табл. 1.7 та 1.8.

Посадки можуть бути призначені або в системі отвору або в системі вала. Система отвору є переважною, як більш економічна. Застосування посадок в системі отвору зменшує номенклатуру необхідних для виготовлення деталей різальних та вимірювальних інструментів, а значить і витрати на їх виготовлення або придбання. Систему вала слід застосовувати тільки у конструктивно або економічно обґрунтованих випадках, наприклад, коли вали виготовляють із точних заготовок і вони не потребують додаткової обробки; коли вал є стандартною деталлю; коли вал постійного розміру з'єднується з декількома отворами за різними посадками. Під час призначення полів допусків та посадок перевагу слід надавати рекомендованим полям допусків та посадкам, причому в першу чергу – переважним.

Також, в технічно обґрунтованих випадках, можуть використовуватись позасистемні посадки, які ще називають комбінованими. Це посадки, які не можна віднести ні до системи отвору, ні до системи вала. Утворюються ці посадки сполученням стандартних полів допусків отвору та вала.

Приклади умовного позначення посадок:

- в системі отвору - $\frac{H7}{g6}$; H6 / s5;

- в системі вала - $\frac{P7}{h6}$; E9 / h8;

- комбінованих - $\frac{D11}{n6}$; E9 / k6.

Таблиця 1.7

Рекомендовані та переважні посадки с системи отвору для номінальних розмірів від 1 до 500 мм (за ГОСТ 25347-82)

Основні відхилення валів	Поле допуску основного отвору							
	$H5$	$H6$	$H7$	$H8$	$H9$	$H10$	$H11$	$H12$
	Посадки							
a							$\frac{H11}{a11}$	
b							$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H12}{b12}$
c			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H8}{c8}$			$\frac{H11}{c11}$	
d			$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H8}{d8}$; $\frac{H8}{d9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H11}{d11}$	
e			$\frac{H7}{e7}$; $\frac{H7}{e8}$	$\frac{H8}{e8}$; $\frac{H8}{e9}$	$\frac{H9}{e8}$; $\frac{H9}{e9}$			
f		$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H8}{f7}$; $\frac{H8}{f8}$; $\frac{H8}{f9}$	$\frac{H9}{f8}$; $\frac{H9}{f9}$			
g	$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H7}{g6}$					
h	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$; $\frac{H8}{h8}$; $\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h8}$; $\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$; $\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$
js	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H8}{js7}$				
k	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H8}{k7}$				
m	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H8}{m7}$				
n	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H8}{n7}$				
p		$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H7}{p6}$					
r		$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H7}{r6}$					
s		$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{s6}$; $\frac{H7}{s7}$	$\frac{H8}{s7}$				
t			$\frac{H7}{t6}$					
u			$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{u8}$				
x				$\frac{H8}{x8}$				
z				$\frac{H8}{z8}$				

Примітка: В рамках виділено переважні посадки

Таблиця 1.8

**Рекомендовані та переважні посадки в системі вала для номінальних
розмірів від 1 до 500мм (за ГОСТ 25347-82)**

Основні відхилення отворів	Поле допуску основного вала								
	$h4$	$h5$	$h6$	$h7$	$h8$	$h9$	$h10$	$h11$	$h12$
	Посадки								
A								$\frac{A11}{h11}$	
B								$\frac{B11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$
C								$\frac{C11}{h11}$	
D			$\frac{D8}{h6}$	$\frac{D8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}, \frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}, \frac{D10}{h9}$	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{D11}{h11}$	
E			$\frac{E8}{h6}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{E8}{h8}, \frac{E9}{h8}$	$\frac{E9}{h9}$			
F		$\frac{F7}{h5}$	$\frac{F7}{h6}, \frac{F8}{h6}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}, \frac{F9}{h8}$	$\frac{F9}{h9}$			
G	$\frac{G5}{h4}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{G7}{h6}$						
H	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}, \frac{H9}{h8}$	$\frac{H8}{h9}, \frac{H9}{h9}, \frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$
JS	$\frac{JS5}{h4}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{JS8}{h7}$					
K	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{K6}{h6}$	$\frac{K8}{h7}$					
M	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{M8}{h7}$					
N	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{N8}{h7}$					
P		$\frac{P6}{h5}$	$\frac{P7}{h6}$						
R			$\frac{R7}{h6}$						
S			$\frac{S7}{h6}$						
T			$\frac{T7}{h6}$						
U				$\frac{U8}{h7}$					

Примітка: В рамках виділено переважні посадки

1.4. Позначення полів допусків і посадок на кресленнях

Поля допусків і посадки на кресленнях позначають за одним із способів, показаних на рис. 1.5, а саме: 1) умовне позначення полів допусків для валів, отворів та з'єднань (рис. 1.5, а, б, в); 2) позначення з числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 1.5, г, д, е); 3) умовне позначення полів допусків з вказаними числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 1.5, ж, и, к).

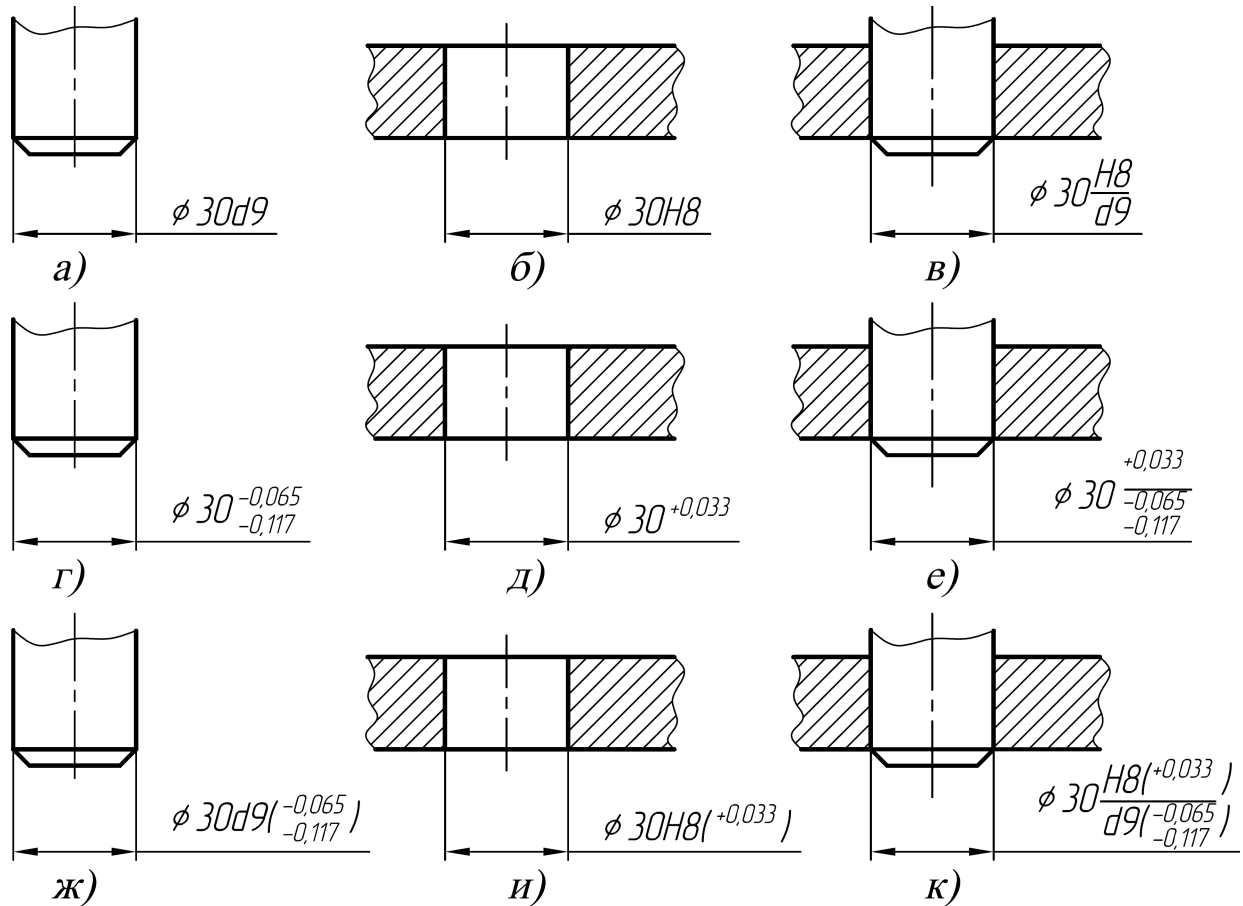


Рис. 1.5 - Позначення полів допусків та посадок на кресленнях

Умовне позначення полів допусків є переважним.

Позначення полів допусків з вказаними числовими значеннями граничних відхилень є обов'язковим у випадках:

- за призначення граничних відхилень розмірів, які не включені в ряди нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69;
- за призначення граничних відхилень, умовне позначення яких не передбачено ГОСТ 25347-82;
- за призначення граничних відхилень розмірів уступів з несиметричним полем допуску;
- граничні відхилення кутових розмірів призначають тільки числовими значеннями.

1.5. Розрахунок характеристик посадок

Алгоритм розрахунку характеристик посадок наведено на рис. 1.6.

В першому блоці визначаються номінальний розмір посадки, поле допуску отвору та поле допуску вала, система посадки.

В другому блоці визначаються граничні розміри отвору (п.2.1) та вала (п.2.2).

Залежно від умовного позначення основного відхилення та інтервалу розмірів, в який входить номінальний розмір посадки, визначають для отвору та вала основні відхилення (верхнє – ES , es або нижнє – EI , ei) та їхні числові значення (табл. А.3 та А.4 відповідно).

За табл. А.2, залежно від квалітету (цифра в умовному позначенні поля допуску) та інтервалу розмірів, в який входить номінальний розмір посадки, визначають числове значення допуску: для отвору - IT_D , для вала - IT_d .

Визначають друге (неосновне) відхилення:

- для отвору за формулою $IT_D = ES - EI$;

- для вала за формулою $IT_d = es - ei$.

Граничні розміри отвору та вала визначають за формулами:

$$D_{max} = D + ES; \quad d_{max} = d + es;$$

$$D_{min} = D + EI; \quad d_{min} = d + ei.$$

В третьому блоці будується схема посадки. За наведеним в алгоритмі прикладом із дотриманням положення відносно нульової лінії будуються поле допуску отвору та поле допуску вала. На схемі посадки вказуються числові значення D (d), ES , es , EI , ei , D_{max} , D_{min} , d_{max} , d_{min} .

В четвертому блоці визначається характер посадки. Залежно від того, якій, з наведених в алгоритмі, схемі (4.1, 4.2 або 4.3) відповідає розташування полів допусків отвору та вала на схемі заданої посадки, визначається характер посадки. Якщо поле допуску отвору на схемі розташовано над полем допуску вала - посадка із зазором (схема 4.1); якщо поля допусків отвору і вала перекриваються (повністю або частково) - перехідна посадка (схема 4.2); якщо поле допуску вала на схемі розташовано над полем допуску отвору – посадка з натягом (схема 4.3).

В п'ятому блоці розраховуються характеристики посадки. Залежно від характеру посадки, встановленого в блоці 4, визначаються характеристики посадки.

Для посадки із зазором: граничні зазори, середній зазор та допуск посадки із зазором за формулами блоку 5.1.

Для перехідної посадки: найбільший граничний зазор, найбільший граничний натяг та допуск перехідної посадки за формулами блоку 5.2.

Для посадки з натягом: граничні натяги, середній натяг та допуск посадки з натягом за формулами блоку 5.3.

Числові значення граничних зазорів та натягів показують на схемі посадки.

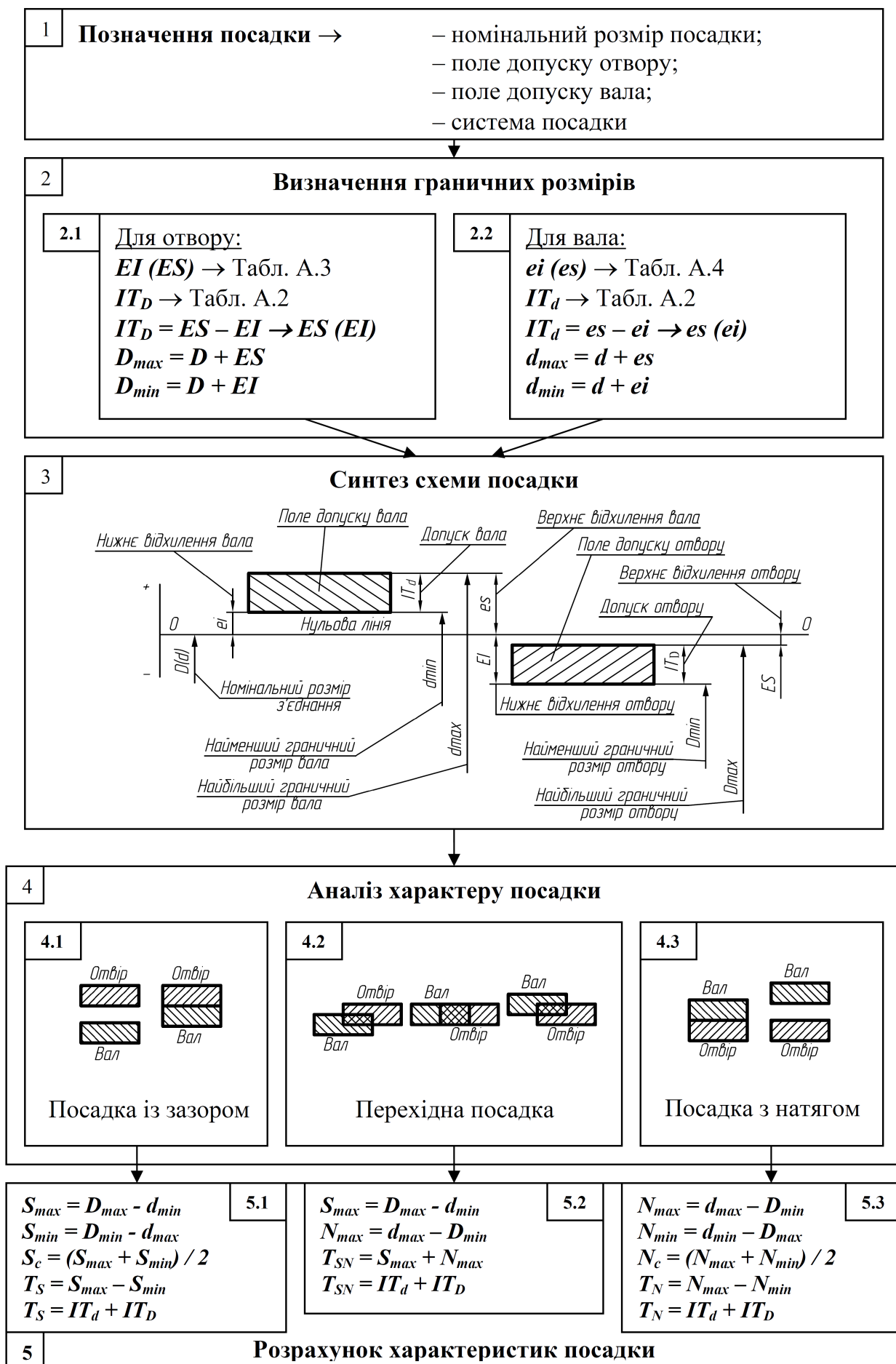


Рис. 1.6 - Алгоритм розрахунку характеристик посадок

Приклад 1.1. Розрахувати характеристики посадки $\varnothing 30H8/d9$ та побудувати схему полів допусків.

Розрахунок:

1. Позначення посадки - $\varnothing 30H8/d9$:

- номінальний розмір посадки $D (d) = 30$ мм;
- поле допуску отвору $\varnothing 30H8$;
- поле допуску вала $\varnothing 30d9$;
- посадка в системі отвору.

2. Визначення граничних розмірів.

2.1 Визначення граничних розмірів отвору $\varnothing 30H8$:

- позначення основного відхилення отвору – H . Основним є нижнє відхилення (табл. А.3): $EI = 0$;
- квалітет - 8-й. За табл. А.2 для інтервалу $18 \div 30$ мм допуск становить: $IT_D = 33$ мкм.

Верхнє відхилення визначається, як

$$ES = EI + IT_D = 0 + 33 = + 33 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри отвору:

$$D_{max} = D + ES = 30 + 0,033 = 30,033 \text{ мм;}$$

$$D_{min} = D + EI = 30 + 0 = 30 \text{ мм.}$$

2.2 Визначення граничних розмірів вала $\varnothing 30d9$:

- позначення основного відхилення валу – d . За табл. А.4 для інтервалу – $18 \div 30$ мм основним є верхнє відхилення: $es = - 65$ мкм;
- квалітет - 9-й. За табл. А.2 для інтервалу $18 \div 30$ мм допуск становить: $IT_d = 52$ мкм.

Нижнє відхилення визначається, як

$$ei = es - IT_d = - 65 - 52 = - 117 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри вала:

$$d_{max} = d + es = 30 + (- 0,065) = 29,935 \text{ мм;}$$

$$d_{min} = d + ei = 30 + (- 0,117) = 29,883 \text{ мм.}$$

3. Побудова схеми посадки $\varnothing 30H8/d9$. Горизонтально проводиться нульова лінія, вгору від неї відкладаються (в довільному масштабі) додатні відхилення, вниз - від'ємні.

Оскільки нижнє відхилення отвору $EI = 0$, а верхнє відхилення $ES = + 33$ мкм, поле допуску отвору розташовано вище нульової лінії (рис. 1.7).

Так як граничні відхилення вала від'ємні : $es = - 65$ мкм та $ei = - 117$ мкм, поле допуску вала розташовано нижче нульової лінії (рис. 1.7).

Позначаються на схемі $D = d = D_{min} = 30$ мм; $ES = + 33$ мкм; $EI = 0$; $D_{max} = 30,033$ мм; $es = - 65$ мкм; $ei = - 117$ мкм; $d_{max} = 29,935$ мм; $d_{min} = 29,883$ мм.

4. Схема посадки $\varnothing 30H8/d9$ відповідає схемі 4.1 алгоритму: поле допуску отвору розташоване над полем допуску вала, що відповідає посадці із зазором.

5. Розрахунок характеристик посадки. Характеристики посадки із зазором розраховуються за формулами блоку 5.1 алгоритму рис. 1.6:

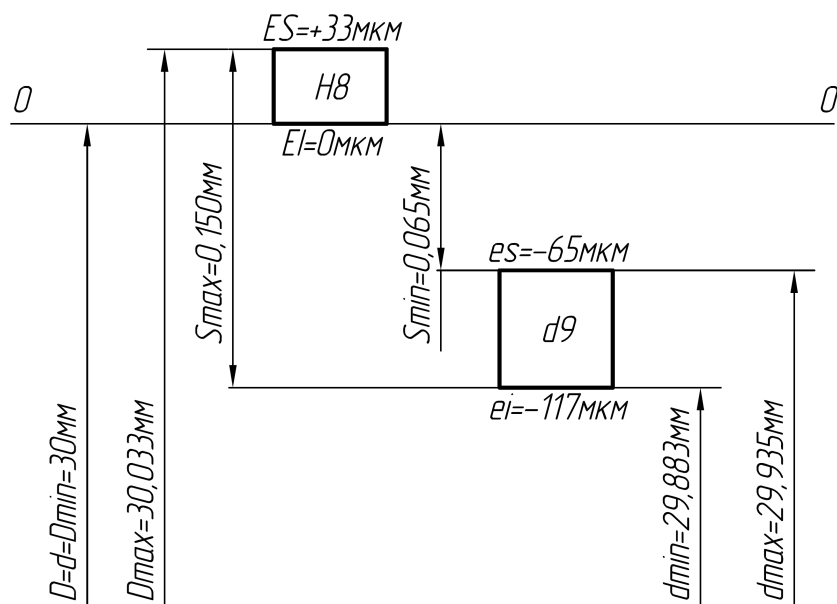


Рис. 1.7 - Схема посадки $\varnothing 30H8/d9$

найбільший граничний зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 30,033 - 29,883 = 0,150 \text{ мм};$$

найменший граничний зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 30 - 29,935 = 0,065 \text{ мм};$$

середній зазор

$$S_c = (S_{\max} + S_{\min}) / 2 = (0,150 + 0,065) / 2 = 0,1075 \text{ мм};$$

допуск посадки

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 0,150 - 0,065 = 0,085 \text{ мм};$$

$$T_S = IT_D + IT_d = 0,033 + 0,052 = 0,085 \text{ мм}.$$

Граничні зазори (S_{\max} , S_{\min}) позначаються на схемі посадки (рис. 1.7).

Приклад 1.2. Розрахувати характеристики посадки $\varnothing 110H7/s6$ та побудувати схему полів допусків.

Розрахунок:

1. Позначення посадки - $\varnothing 110H7/s6$:

- номінальний розмір посадки $D(d) = 110 \text{ мм}$;
- поле допуску отвору: $\varnothing 110H7$;
- поле допуску вала: $\varnothing 110s6$;
- посадка в системі отвору.

2. Визначення граничних розмірів.

2.1 Визначення граничних розмірів отвору $\varnothing 110H7$:

- позначення основного відхилення отвору – H . Основним є нижнє відхилення (табл. А.3): $EI = 0$;
- квалітет – 7-й. За табл. А.2 для інтервалу $80 \div 120 \text{ мм}$ допуск становить: $IT_D = 35 \text{ мкм}$.

Верхнє відхилення визначається, як

$$ES = EI + IT_D = 0 + 35 = +35 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри отвору:

$$D_{\max} = D + ES = 110 + 0,035 = 110,035 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D + EI = 110 + 0 = 110 \text{ мм.}$$

2.2 Визначення граничних розмірів вала $\varnothing 110s6$:

- позначення основного відхилення вала – s . За табл. А.4 для інтервалу $100 \div 120$ мм основним є нижнє відхилення: $ei = +79$ мкм;
- квалітет – 6-й. За табл. А.2 для інтервалу $80 \div 120$ мм допуск становить: $IT_d = 22$ мкм.

Верхнє відхилення визначається, як

$$es = ei + IT_d = +79 + 22 = +101 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри вала:

$$d_{max} = d + es = 110 + 0,101 = 110,101 \text{ мм;}$$

$$d_{min} = d + ei = 110 + 0,079 = 110,079 \text{ мм.}$$

3. Побудова схеми посадки $\varnothing 110H7/s6$.

Горизонтально проводиться нульова лінія, вгору від неї відкладаються (в довільному масштабі) додатні відхилення, вниз - від'ємні.

Оскільки нижнє відхилення отвору $EI = 0$, а верхнє відхилення $ES = +33$ мкм, поле допуску отвору розташовано вище нульової лінії (рис. 1.8).

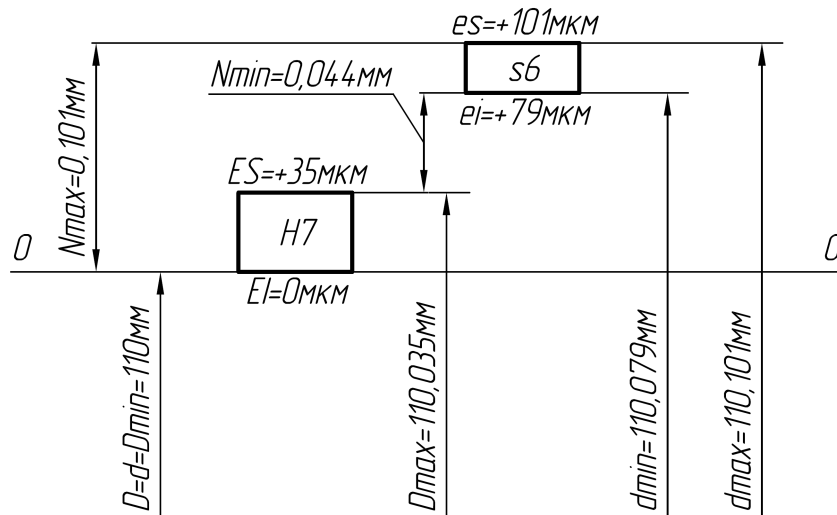


Рис. 1.8 - Схема посадки $\varnothing 110H7/s6$

Так як граничні відхилення валу додатні : $ei = +79$ мкм, $es = +101$ мкм, поле допуску вала розташовано вище нульової лінії (рис. 1.8).

На схемі позначаються $D = d = D_{min} = 110$ мм; $ES = +35$ мкм; $EI = 0$; $D_{max} = 110,035$ мм; $es = +101$ мкм; $ei = +79$ мкм; $d_{max} = 110,101$ мм; $d_{min} = 110,079$ мм.

4. Схема посадки $\varnothing 110H7/s6$ відповідає схемі 4.3 алгоритму, поле допуску вала розташовано над полем допуску отвору, що відповідає посадці з натягом.

5. Розрахунок характеристик посадки. Характеристики посадки з натягом розраховуються за формулами блоку 5.3 алгоритму рис. 1.6:

найбільший граничний натяг

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 110,101 - 110,000 = 0,101 \text{ мм;}$$

найменший граничний натяг

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = 110,079 - 110,035 = 0,044 \text{ мм;}$$

середній натяг

$$N_c = (N_{max} + N_{min}) / 2 = (0,101 + 0,044) / 2 = 0,0725 \text{ мм};$$

допуск посадки

$$T_N = N_{max} - N_{min} = 0,101 - 0,044 = 0,057 \text{ мм};$$

$$T_N = IT_D + IT_d = 0,033 + 0,052 = 0,085 \text{ мм}.$$

Граничні натяги (N_{max} , N_{min}) позначаються на схемі посадки (рис. 1.8).

Приклад 1.3. Розрахувати характеристики посадки $\varnothing 50N7/h6$ та побудувати схему полів допусків.

Розрахунок:

1. Позначення посадки - $\varnothing 50N7/h6$:

- номінальний розмір посадки D (d) = 50 мм;
- поле допуску отвору: $\varnothing 50N7$;
- поле допуску вала: $\varnothing 50h6$;
- посадка в системі вала.

2. Визначення граничних розмірів.

2.1 Визначення граничних розмірів отвору $\varnothing 50N7$:

- позначення основного відхилення отвору – N , квалітет - 7-й; основним є верхнє відхилення (табл. А.3), для інтервалу розмірів $40 \div 50$ мм: $ES = -17 + \Delta$;
- для даного інтервалу розмірів за 7-м квалітетом (табл. А.3): $\Delta = 9$ мкм.
- верхнє відхилення буде: $ES = -17 + 9 = -8$ мкм.
- за табл. А.2 для інтервалу $30 \div 50$ мм допуск становить: $IT_D = 25$ мкм.

Нижнє відхилення визначається, як

$$EI = ES - IT_D = -8 - 25 = -33 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри отвору:

$$D_{max} = D + ES = 50 - 0,008 = 49,992 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D + EI = 50 - 0,033 = 49,967 \text{ мм}.$$

2.2 Визначення граничних розмірів вала $\varnothing 50h6$:

- позначення основного відхилення вала – h . За табл. А.4 для інтервалу $30 \div 50$ мм основним є верхнє відхилення: $es = 0$;
- квалітет - 6-й. За табл. А.2 для інтервалу $30 \div 50$ мм допуск становить: $IT_d = 16$ мкм.

Нижнє відхилення визначається, як

$$ei = es - IT_d = 0 - 16 = -16 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри вала:

$$d_{max} = d + es = 50 + 0 = 50,000 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d + ei = 50 - 0,016 = 49,984 \text{ мм}.$$

3. Побудова схеми посадки. Горизонтально проводиться нульова лінія, вгору від неї відкладаються (в довільному масштабі) додатні відхилення, вниз - від'ємні.

Граничні відхилення отвору $\varnothing 50N7$ від'ємні ($ES = -8$ мкм, $EI = -33$ мкм), тому поле допуску отвору розташовано нижче нульової лінії (рис. 1.9).

Верхнє відхилення вала $es = 0$, а нижнє відхилення $ei = -16$ мкм, поле допуску вала розташовано нижче нульової лінії (рис. 1.9).

На схемі позначають: $D = d = d_{max} = 50$ мм; $ES = -8$ мкм; $EI = -33$ мкм; $D_{max} = 49,992$ мм; $D_{min} = 49,967$ мм; $es = 0$ мкм; $ei = -16$ мкм; $d_{max} = 50$ мм; $d_{min} = 49,984$ мм.

4. Схема посадки $\varnothing 50N7/h6$ відповідає одній із схем блоку 4.2 алгоритму – поля допусків отвору та вала частково перекриваються, що відповідає перехідній посадці.

5. Розрахунок характеристик посадки. Характеристики перехідної посадки розраховуються за формулами блоку 5.2 алгоритму рис. 1.6:

найбільший граничний зазор

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 49,992 - 49,984 = 0,008 \text{ мм};$$

найбільший граничний натяг

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 50,000 - 49,967 = 0,033 \text{ мм};$$

допуск посадки

$$T_{SN} = S_{max} + N_{max} = 0,008 + 0,033 = 0,041 \text{ мм};$$

$$T_{SN} = IT_D + IT_d = 0,025 + 0,016 = 0,041 \text{ мм}.$$

Найбільші зазор та натяг (S_{max} , N_{max}) позначаються на схемі посадки (рис. 1.9).

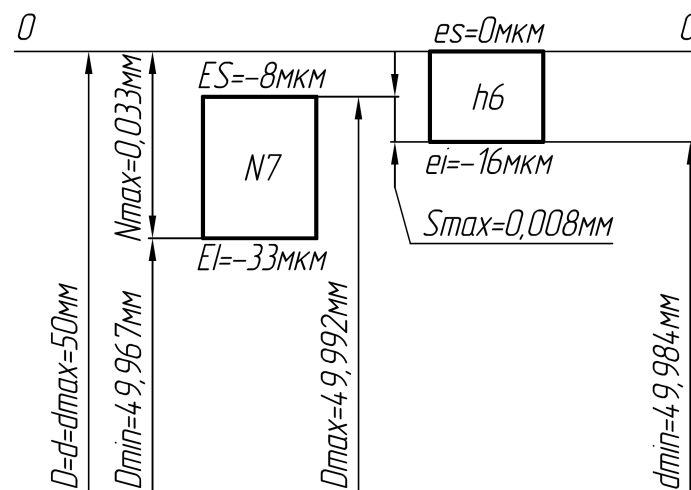


Рис. 1.9 - Схема посадки $\varnothing 50N7/h6$

1.6. Контрольні запитання

1. Що називають розміром? В чому полягає відмінність між номінальним, граничними та дійсним розмірами?
2. Що називають відхиленням? Як визначаються відхилення граничні, середні, дійсні?
3. В чому полягає відмінність між поняттями допуск та поле допуску; посадка та допуск посадки?
4. Як встановити відповідність деталі заданому полю допуску?
5. Що називають зазором та які види зазорів бувають?
6. Що називають натягом та які види натягів бувають?
7. Якими параметрами характеризується посадка з зазором?
8. Якими параметрами характеризується посадка з натягом?

9. Якими параметрами характеризується перехідна посадка?
10. Одиниця допуску. Призначення та формули визначення.
11. Квалітет. Які квалітети передбачені системою допусків та посадок, область застосування?
12. Як визначаються допуски за квалітетом? Як змінюється величина допуску залежно від номінального розміру та квалітету?
13. Чи можна, порівнюючи тільки значення допусків для двох різних розмірів, визначити, у якого з цих розмірів більш точний допуск? Обґрунтуйте.
14. Основне відхилення. Які основні відхилення отворів та валів передбачені в ЄСДП?
15. Посадки в системі отвору. Які вони мають переваги?
16. Посадки в системі вала. Коли вони застосовуються?
17. Способи позначення розмірів та відхилень на кресленнях.

1.7. Контрольні завдання

Завдання 1.1. Для заданої посадки (табл. 1.9) розрахувати характеристики посадки та побудувати схему полів допусків.

Таблиця 1.9

Варіанти контрольних завдань 1.1

Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки
1	$\varnothing 40H8/s7$	11	$\varnothing 25H8/x8$	21	$\varnothing 25H8/x8$	31	$\varnothing 20M8/h7$	41	$\varnothing 12H8/k7$
2	$\varnothing 50H8/u7$	12	$\varnothing 85H8/s7$	22	$\varnothing 85H8/s7$	32	$\varnothing 25K8/h7$	42	$\varnothing 18H8/js7$
3	$\varnothing 60H8/n7$	13	$\varnothing 45H8/z8$	23	$\varnothing 45H8/z8$	33	$\varnothing 30JS8/h7$	43	$\varnothing 25H8/e8$
4	$\varnothing 30H8/m7$	14	$\varnothing 53H8/js7$	24	$\varnothing 53H8/js7$	34	$\varnothing 100D8/h8$	44	$\varnothing 18H8/d8$
5	$\varnothing 20H8/k7$	15	$\varnothing 12H8/e8$	25	$\varnothing 12H8/e8$	35	$\varnothing 40F8/h8$	45	$\varnothing 60H8/s7$
6	$\varnothing 25H8/js7$	16	$\varnothing 63M8/h7$	26	$\varnothing 100H8/u8$	36	$\varnothing 50U8/h8$	46	$\varnothing 95H8/c8$
7	$\varnothing 45H7/h7$	17	$\varnothing 70K8/h7$	27	$\varnothing 110H8/n7$	37	$\varnothing 67H8/s7$	47	$\varnothing 60H8/d8$
8	$\varnothing 50H8/e8$	18	$\varnothing 75H8/d8$	28	$\varnothing 75H8/m7$	38	$\varnothing 19H8/c8$	48	$\varnothing 67H8/js7$
9	$\varnothing 36H8/c8$	19	$\varnothing 80H8/h8$	29	$\varnothing 40H8/k7$	39	$\varnothing 20H8/f8$	49	$\varnothing 53H8/s7$
10	$\varnothing 65H8/u7$	20	$\varnothing 85H8/f8$	30	$\varnothing 15N8/h7$	40	$\varnothing 75H8/u8$	50	$\varnothing 25H8/s7$

РОЗДІЛ 2. ДОПУСКИ ФОРМИ ТА РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

2.1. Основні терміни та визначення

Терміни, визначення, правила позначення на кресленнях допусків форми, розташування, сумарних допусків форми та розташування встановлено ДСТУ ISO 1101:2009 та ДСТУ 2498-94. Основні терміни, які використовують під час аналізу точності форми і розташування поверхонь деталей та нормування відхилень форми і розташування поверхонь наведено за ДСТУ 2498-94.

Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, розміри і форма якої відповідають заданим номінальним розмірам та номінальній формі.

Реальна поверхня – поверхня, що обмежує деталь та відділяє її від навколишнього середовища.

Профіль - лінія перетину поверхні з площиною або із заданою поверхнею. Поняття *реальний* та *номінальний профілі* аналогічні поняттям реальної та номінальної поверхні.

Нормована ділянка L – ділянка поверхні або лінії, до якої відноситься допуск форми, допуск розташування, сумарний допуск форми та розташування або відповідне відхилення. Якщо розміри нормованої ділянки не задані, то допуск або відхилення відноситься до усієї розглядуваної поверхні або довжини розглядуваного елемента. Якщо положення нормованої ділянки не задано, то вона може займати будь-яке положення в межах усього елемента.

Відхилення форми та розташування поверхонь оцінюють від прилеглих поверхонь або профілів.

Прилегла поверхня (профіль) – поверхня (профіль), яка стикається з реальною поверхнею (профілем) і розташована поза матеріалу деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні (профілю), в межах нормованої ділянки, мало мінімальне значення.

Прилегла пряма (площина) – пряма (площина), яка стикається з реальним профілем (поверхнею) і розташована поза матеріалу деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реального профілю (поверхні), в межах нормованої ділянки, було мінімальним (рис. 2.1). Наприклад, з трьох прямих, дотичних до профілю (рис. 2.1), прилеглою буде та, відстань (E) від якої до найбільш віддаленої точки реальної кривої буде мінімальною: $E < E_1 < E_2$.

Прилегле коло – коло мінімального діаметра, описане навколо реального профілю зовнішньої поверхні обертання (рис. 2.2, а), або коло максимального діаметра, вписане в реальний профіль внутрішньої поверхні обертання (рис. 2.2, б).

Прилеглий циліндр – циліндр мінімального діаметра, описаний навколо реальної зовнішньої поверхні або циліндр максимального діаметра, вписаний в реальну внутрішню поверхню.

Прилеглий профіль поздовжнього перерізу – дві паралельні прямі, що стикаються з реальним профілем осьового (поздовжнього перерізу) циліндричної поверхні і розташовані поза матеріалу деталі так, щоб найбільше відхилення то-

чок реального профілю від відповідної сторони прилеглого профілю поздовжнього перерізу, в межах нормованої ділянки, мало мінімальне значення (рис. 2.3).

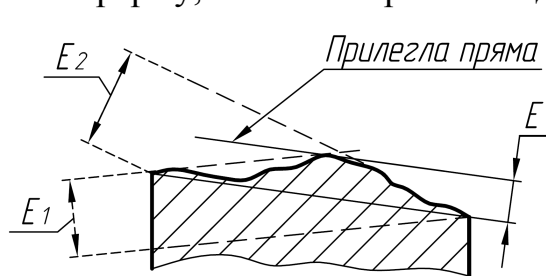


Рис. 2.1 - Прилегла пряма

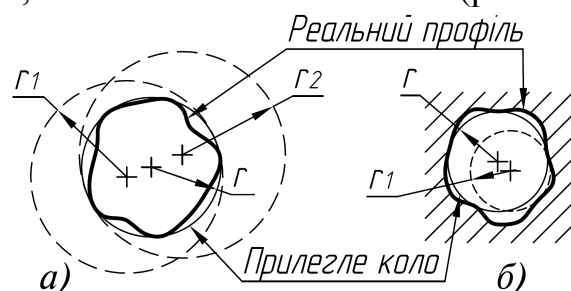


Рис. 2.2 - Прилегле коло:
а – зовнішньої поверхні обертання;
б – внутрішньої поверхні обертання

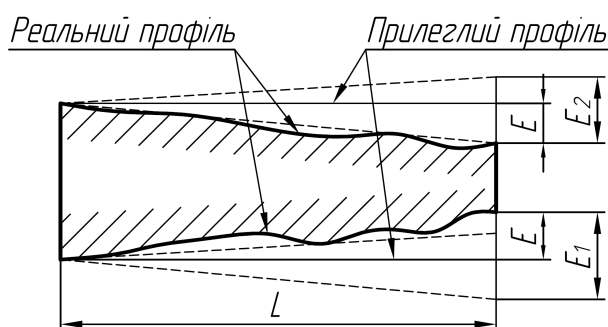


Рис. 2.3 - Прилеглий профіль поздовжнього перерізу

Замість прилеглого елемента для оцінки відхилень форми допускається застосовувати середній елемент.

Середній елемент – поверхня (профіль), що має номінальну форму і такі розміри і (чи) розташування, щоб сума квадратів відстаней між реальним і середнім елементами в межах нормованої ділянки мала мінімальне значення.

Номінальне розташування – розташування елемента (поверхні чи профілю), яке визначається номінальними лінійними та кутовими розмірами між ним і базами або між розглядуваними елементами, якщо бази не задані.

Реальне розташування – розташування елемента (поверхні чи профілю), яке визначається дійсними лінійними та кутовими розмірами між ним і базами або між розглядуваними елементами, якщо бази не задані.

База – елемент деталі або сполучення елементів, що виконує ту ж функцію, по відношенню до якого задається допуск розташування чи сумарний допуск форми та розташування, а також визначається відповідне відхилення розглядуваного елемента.

2.2. Відхилення та допуски форми поверхонь

Відхилення форми EF – відхилення форми реального елемента від номінальної форми, оцінюване найбільшою відстанню від точок реального елемента по нормалі до прилеглого елемента.

Нерівності, які відносяться до шорсткості поверхні, у відхилення форми не включаються.

Відхилення форми нормуються допусками форми.

Допуск форми TF – найбільше допустиме значення відхилення форми.

Поле допуску форми – зона в просторі чи на площині, всередині якої мають міститися усі точки реального розгляданого елемента в межах нормованої ділянки, ширина або діаметр, якої визначається значенням допуску, а розташування відносно реального елемента – прилеглим елементом.

Відхилення форми можуть бути комплексними або окремими. Комплексні відхилення форми складаються із декількох окремих відхилень. На кресленнях числові значення допусків комплексних відхилень задаються умовним позначенням, а числові значення допусків окремих відхилень задаються записом в технічних вимогах. Наприклад: «Опуклість поверхні А не більше 0,006 мм».

Види відхилень та допусків форми

Види відхилень і допусків форми та знаки, за допомогою яких ці допуски задаються на кресленнях, наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Знаки для позначення допусків форми на кресленнях
(за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013)**

№ пп	Вид відхилення та допуску форми	Знак позначення допуску форми
1	Відхилення та допуск прямолінійності TFL	—
2	Відхилення та допуск циліндричності TFZ	ϕ
3	Відхилення та допуск круглості TFK	○
4	Відхилення та допуск профілю поздовжнього перерізу TFP	≡
5	Відхилення та допуск площинності TFE	▱

Відхилення від прямолінійності в площині EFL – найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглої прямої в межах нормованої ділянки (рис. 2.4).



Рис. 2.4 - Відхилення (EFL) та допуск (TFL) прямолінійності в площині

Відхилення від прямолінійності осі в просторі EFL – найменше значення діаметра циліндра, всередині якого розташована реальна вісь поверхні обертання в межах нормованої ділянки (рис. 2.5).

Комплексним відхиленням форми циліндричних поверхонь у поперечному перерізі є відхилення від круглості.

Відхилення від круглості EFK – найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглого кола (рис. 2.6, а).



Рис. 2.5 - Відхилення (EFL) та допуск (TFL) прямолінійності осі в просторі

Поле допуску круглості – зона на площині перпендикулярній до осі поверхні обертання або такій, що проходить через центр сфери, обмежена двома концентричними колами, віддаленими одне від одного на відстань, що дорівнює допуску круглості **TFK** (рис. 2.6, а).

Окремими видами відхилення від круглості є овальність та огранювання.

Овальність – це відхилення від круглості, за якого реальний профіль циліндричної поверхні у поперечному перерізі є овалоподібною фігурою, найбільший і найменший діаметри якої мають взаємоперпендикулярні напрямки (рис. 2.6, б).

Огранювання – це відхилення від круглості, за якого реальний профіль циліндричної поверхні у поперечному перерізі є багатогранною фігурою (рис. 2.6, в).

Кількісно овальність та огранювання визначаються так, як і відхилення від круглості.

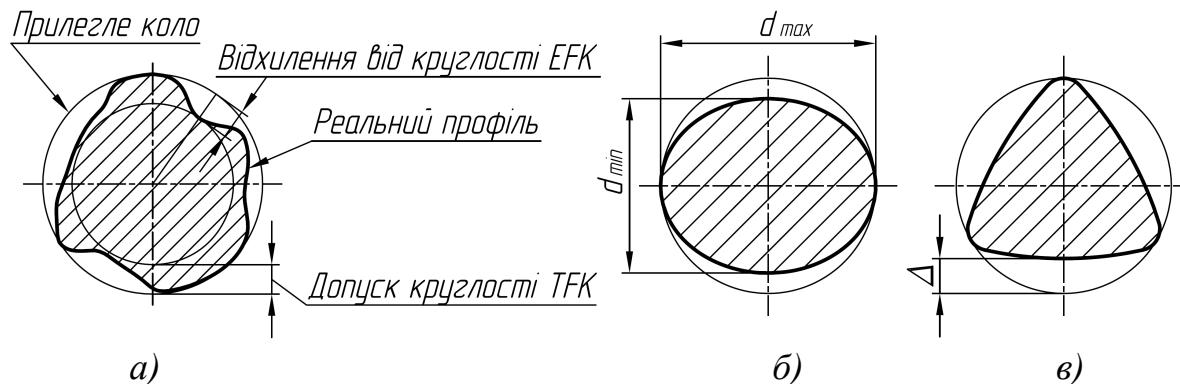


Рис. 2.6 - Відхилення форми циліндричних поверхонь у поперечному перерізі:
а – відхилення (EFK) та допуск (TFK) від круглості; б – овальність;
в – огранювання

Комплексним відхиленням форми циліндричних поверхонь у поздовжньому перерізі є відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Відхилення профілю поздовжнього перерізу EFP – найбільша відстань від точок твірних реальної поверхні, що лежать в площині, яка проходить через її вісь, до відповідної сторони прилеглого профілю в межах нормованої ділянки (рис. 2.7, а).

Поле допуску профілю поздовжнього перерізу – зона на площині, що проходить через вісь циліндричної поверхні, обмежена двома парами паралельних прямих, що мають спільну вісь симетрії і віддалені одна від одної на від-

стань, що дорівнює допуску профілю поздовжнього перерізу **TFP** (рис. 2.7, а).

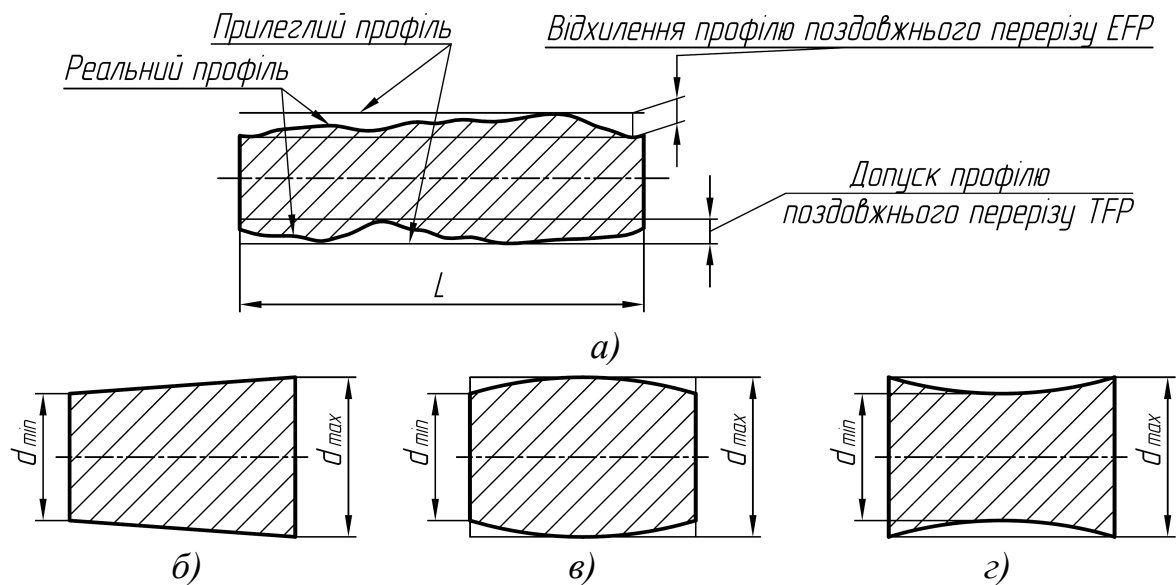


Рис. 2.7 - Відхилення форми циліндричних поверхонь у поздовжньому перерізі:
а – відхилення (EFP) та допуск (TFP) профілю поздовжнього перерізу;
б – конусоподібність; в – бочкоподібність; г – сідлоподібність

Окремими видами відхилення профілю поздовжнього перерізу є **конусоподібність**, **бочкоподібність** та **сідлоподібність**.

Конусоподібність - це відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні прямолінійні, але непаралельні (рис. 2.7, б).

Бочкоподібність - це відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні непрямолинійні і діаметри збільшуються від країв до середини поздовжнього перерізу (рис. 2.7, в).

Сідлоподібність - це відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні непрямолинійні і діаметри зменшуються від країв до середини поздовжнього перерізу (рис. 2.7, г).

Кількісно конусоподібність, бочкоподібність та сідлоподібність визначаються так, як і відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Комплексним відхиленням форми циліндричних поверхонь є відхилення від циліндричності.

Відхилення від циліндричності EFZ – найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилеглого циліндра в межах нормованої ділянки (рис. 2.8).

Поле допуску циліндричності – зона в просторі, обмежена двома співвісними циліндрами, віддаленими один від одного на відстань, що дорівнює допуску циліндричності **TFZ** (рис. 2.8).

Окремими видами відхилення від циліндричності є відхилення від круглості та відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Під час визначення відхилень форми циліндричних поверхонь за величину комплексного відхилення приймається найбільше із окремих.

Наприклад, якщо за результатами вимірювання отримали: овальність становить 5 мкм, огранювання 8 мкм. Відповідно, за величину відхилення від круглості береться більше з цих значень, тобто 8 мкм.

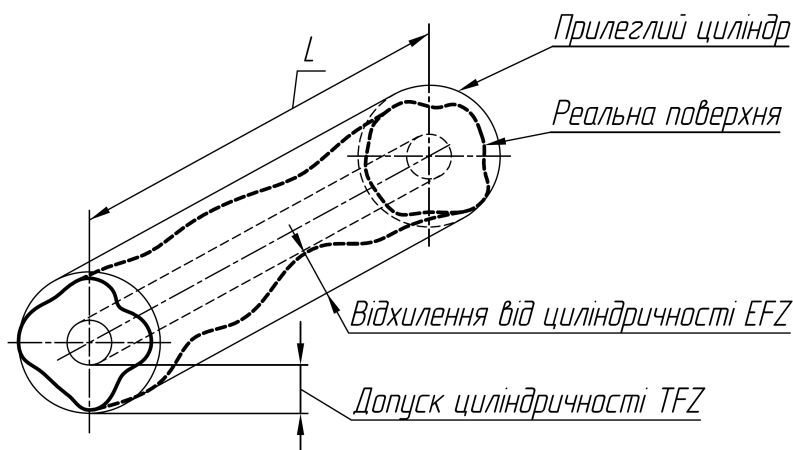


Рис. 2.8 - Відхилення (EFZ) та допуск (TFZ) циліндричності

Комплексним відхиленням форми плоских поверхонь є відхилення від площинності.

Відхилення від площинності EFE – найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилеглої площини в межах нормованої ділянки (рис. 2.9).

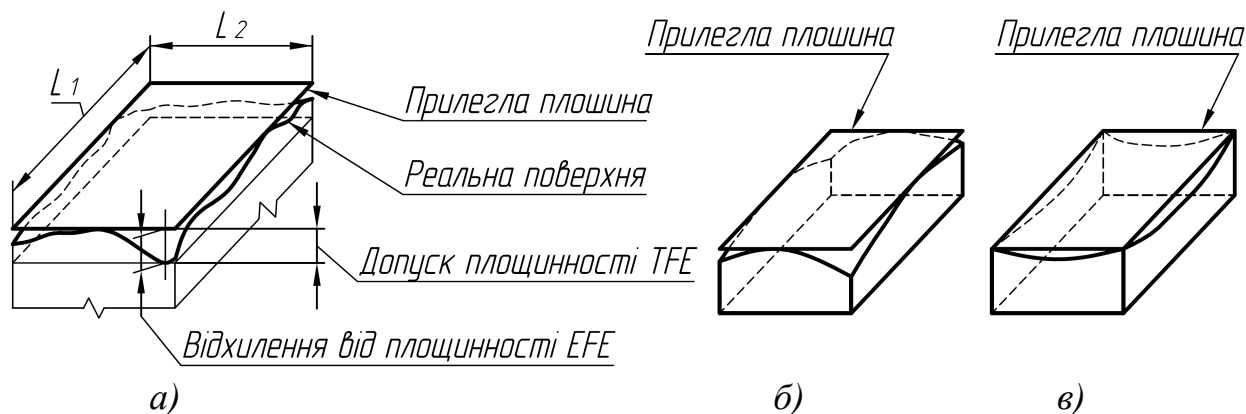


Рис. 2.9 - Відхилення форми плоских поверхонь: а – відхилення (EFE) та допуск (TFE) площинності; б – опуклість; в – вігнутість

Окремими видами відхилення від площинності є опуклість (рис. 2.9, б) та вігнутість (рис. 2.9, в).

2.3. Відхилення та допуски розташування поверхонь

Відхилення розташування EP – відхилення реального розташування розглядуваного елемента від його номінального розташування.

Допуск розташування TP – найбільше допустиме значення відхилення розташування.

Поле допуску розташування – зона в просторі чи заданій площині, усередині якої повинен міститися прилеглий елемент або вісь, центр, площина симетрії в межах нормованої ділянки ширина або діаметр якої визначається значенням допуску, а розташування відносно баз – номінальним розташуванням розглядуваного елемента.

Під час оцінювання відхилень розташування відхилення форми розглядуваних елементів і баз виключаються. Реальні поверхні і профілі замінюються прилеглими, а за осі, площини симетрії та центри реальних поверхонь чи профілів приймаються осі, площини симетрії та центри прилеглих елементів.

Види відхилень та допусків розташування поверхонь

Види відхилень і допусків розташування та знаки, за допомогою яких ці допуски задаються на кресленнях, наведено в табл. 2.2.

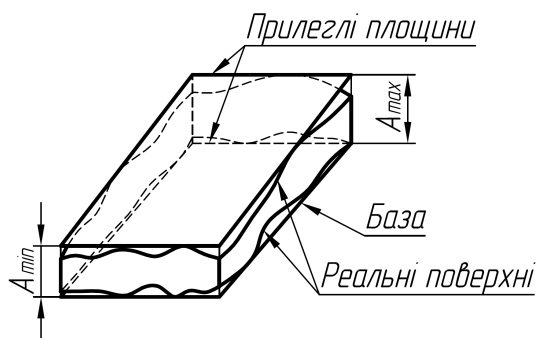
Таблиця 2.2

Знаки для позначення допусків розташування на кресленнях (за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013)

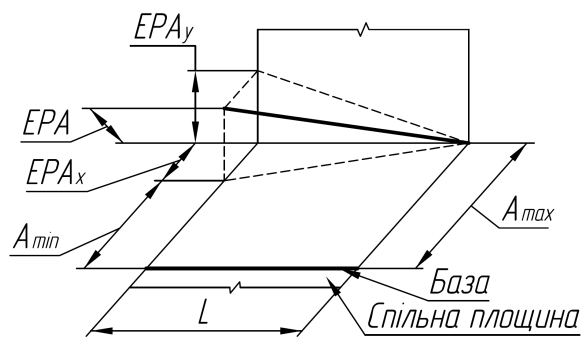
№ пп	Вид відхилення та допуску розташування	Знаки для позначення допусків розташування
1	Відхилення та допуск паралельності <i>TPA</i>	//
2	Відхилення та допуск перпендикулярності <i>TPR</i>	⊥
3	Відхилення та допуск нахилу <i>TPN</i>	∠
4	Відхилення та допуск співвісності <i>TPC</i>	◎
5	Відхилення та допуск симетричності <i>TPS</i>	$\frac{ }{-}$
6	Позиційне відхилення та позиційний допуск <i>TPP</i>	⊕
7	Відхилення та допуск перетину осей <i>TPX</i>	×

Відхилення від паралельності площин *EPA* – це різниця найбільшої і найменшої відстані між площинами в межах нормованої ділянки (рис. 2.10, а):

$$EPA = A_{\max} - A_{\min}.$$



а)



б)

Рис. 2.10 - Відхилення від паралельності (*EPA*):

а – площин; б – осей (прямих) в просторі

Відхилення від паралельності осей (прямих) в просторі *EPA* – геометрична сума відхилень від паралельності проекцій осей (прямих) у двох взаємоперпендикулярних площинах, одна з яких є спільною площиною осей (рис. 2.10, б):

$$EPA = \sqrt{EPA_x^2 + EPA_y^2}.$$

Відхилення від паралельності осей (прямих) у спільній площині *EPA_x* – відхилення від паралельності проекцій осей (прямих) на їхню спільну площину (рис. 2.10, б):

$$EPA_x = A_{\max} - A_{\min}$$

Переки́с осей *EPA_y* - відхилення від паралельності проекцій осей (прямих)

на площину, перпендикулярну до спільної площини осей і яка проходить через одну з осей (базову) (рис. 2.10, б).

Відхилення від перпендикулярності площин EPR – відхилення кута між площинами від прямого кута (90°), виражене в лінійних одиницях на довжині нормованої ділянки (рис. 2.11, а).

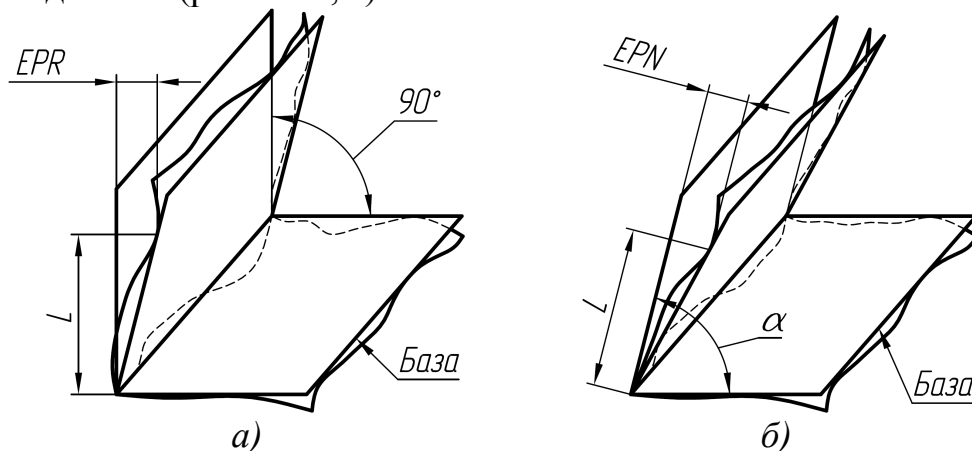


Рис. 2.11 - Відхилення від перпендикулярності (EPR) площин (а) та відхилення нахилу площин (EPN) відносно площини чи осі (прямої) (б)

Відхилення нахилу площини відносно площини чи осі (прямої) EPN – відхилення кута між площиною та базовою площиною чи базовою віссю (прямою) від номінального кута, виражене в лінійних одиницях на довжині нормованої ділянки (рис. 2.11, б).

Відхилення від співвісності EPC – найбільша відстань між віссю розглядуваної поверхні обертання і базою (віссю базової поверхні) (рис. 2.12, а) або спільною віссю двох чи декількох поверхонь на довжині нормованої ділянки (рис. 2.12, б).

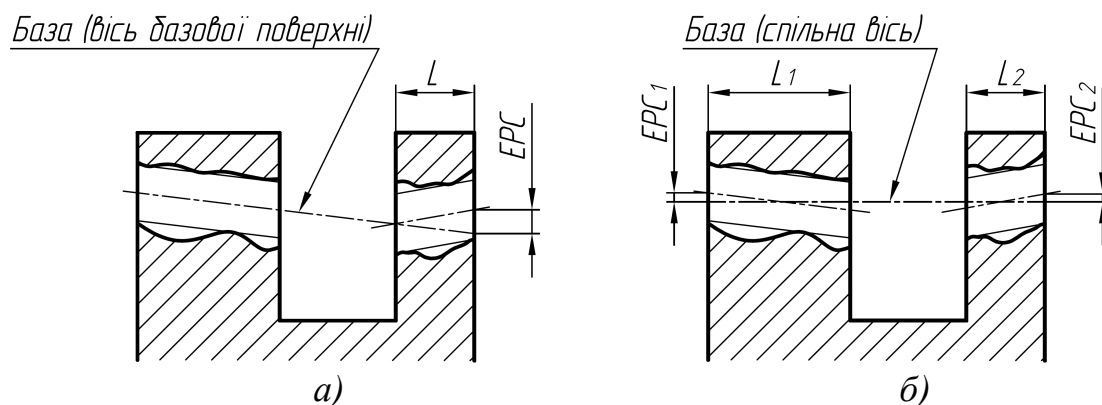


Рис. 2.12 - Відхилення від співвісності (EPC): а – база - вісь базової поверхні; б - база - спільна вісь двох поверхонь

Допуск співвісності TPC може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні (\varnothing , R):

а) допуск в діаметральному вираженні – подвоєне найбільше допустиме значення відхилення від співвісності;

б) допуск в радіусному вираженні – найбільше допустиме значення відхилення від співвісності.

Поле допуску співвісності - зона в просторі, обмежена циліндром, діаметр якого дорівнює допуску співвісності в діаметральному вираженні TPC або подвоєному допуску співвісності в радіусному вираженні $TPC/2$, а вісь співпадає з базовою віссю.

Відхилення від симетричності EPS - найбільша відстань між площиною симетрії (віссю) розглядуваного елемента (або елементів) і базою (площиною симетрії базового елемента (рис. 2.13, а) або спільною площиною симетрії двох елементів (рис. 2.13, б) в межах нормованої ділянки.

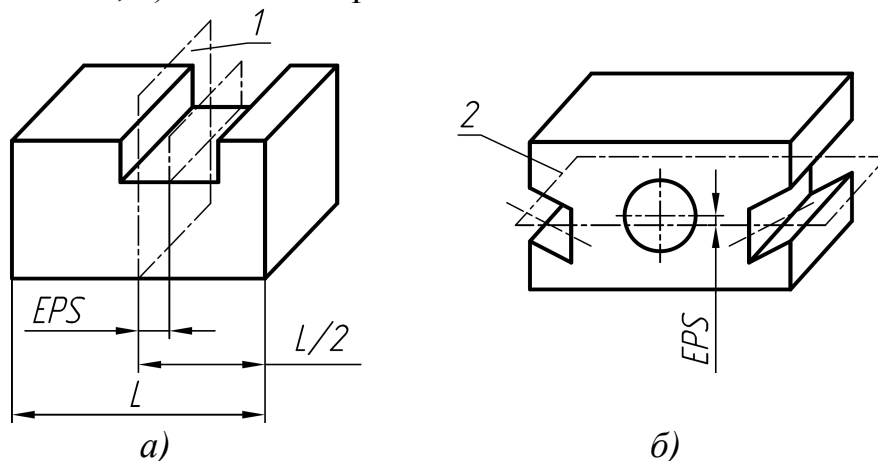


Рис. 2.13 - Відхилення від симетричності (EPS): а – база – площина симетрії базового елемента (1); б - база - спільна площина симетрії двох елементів (2)

Допуск симетричності TPS може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні (T , $T/2$):

а) допуск в діаметральному вираженні - подвоєне найбільше допустиме значення відхилення від симетричності;

б) допуск в радіусному вираженні - найбільше допустиме значення відхилення від симетричності;

Поле допуску симетричності - зона в просторі, симетрична відносно базової площини симетрії чи базової осі та обмежена двома паралельними площинами, віддаленими одна від одної на відстань, що дорівнює допуску симетричності в діаметральному вираженні TRS або подвоєному допуску симетричності в радіусному вираженні $TRS/2$.

Позиційне відхилення EPP - найбільша відстань між реальним розташуванням елемента (його центра, осі або площини симетрії) та його номінальним розташуванням в межах нормованої ділянки (рис. 2.14).

Позиційний допуск TPP може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні (\varnothing , R):

а) допуск в діаметральному вираженні - подвоєне найбільше допустиме значення позиційного відхилення елемента;

б) допуск в радіусному вираженні - найбільше допустиме значення позиційного відхилення елемента.

Поле позиційного допуску осі (прямої) в площині – зона на площині, симетрична відносно номінального розташування розглядуваної осі (прямої) і обмежена двома паралельними прямими, віддаленими одна від одної на від-

стань, що дорівнює позиційному допуску в діаметральному вираженні TPP або подвоєному позиційному допуску в радіальному вираженні $TPP/2$.

Поле позиційного допуску осі (прямої) в просторі -

а) зона в просторі, обмежена циліндром, діаметр якого дорівнює позиційному допуску в діаметральному вираженні TPP або подвоєному позиційному допуску в радіальному вираженні $TPP/2$, а вісь співпадає з номінальним розташуванням розглядуваної осі (прямої);

б) зона в просторі, обмежена прямокутним паралелепіпедом, сторони перерізу якого дорівнюють позиційним допускам TPP_1 і TPP_2 в діаметральному вираженні або подвоєному позиційному допуску в радіальному вираженні $TPP_1/2$ і $TPP_2/2$ в двох взаємно перпендикулярних напрямках, а бічні грані відповідно є перпендикулярними до площин заданих напрямків.

Поле позиційного допуску площини симетрії чи осі (прямої) в заданому напрямку - зона в просторі, обмежена двома паралельними площинами, віддаленими одна від одної на відстань, що дорівнює позиційному допуску в діаметральному вираженні TPP або подвоєному позиційному допуску в радіальному вираженні $TPP/2$, і симетричними відносно номінального розташування розглядуваної площини симетрії чи осі; для позиційних допусків осі в заданому напрямку площини, що обмежують поле допуску, є перпендикулярними до заданого напрямку.

Відхилення від перетину осей EPX - найменша відстань між осями, що номінально перетинаються (рис. 2.15)

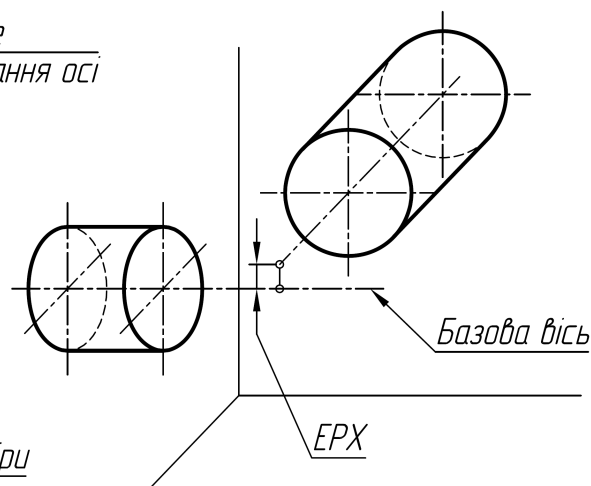
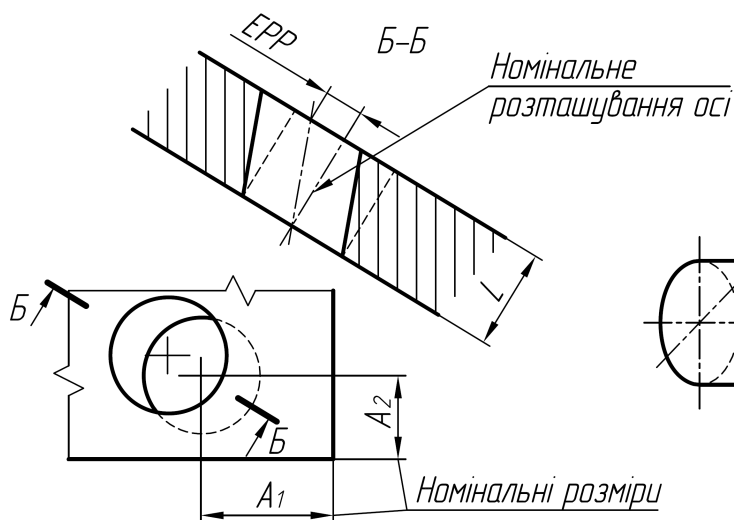


Рис. 2.14 - Позиційне відхилення (EPP) Рис. 2.15 - Відхилення від перетину осей (EPX)

Допуск перетину осей TPX може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні (T , $T/2$):

а) допуск в діаметральному вираженні – подвоєне найбільше допустиме значення відхилення від перетину осей;

б) допуск в радіусному вираженні – найбільше допустиме значення відхилення від перетину осей.

2.4. Сумарні відхилення та допуски форми та розташування поверхонь

Сумарним відхиленням форми та розташування називається відхилення, що є результатом спільного проявлення відхилень форми та відхилень розташування розглядуваного елемента (поверхні або профілю) відносно заданих баз. Сумарні відхилення форми та розташування поверхонь нормуються сумарними допусками форми та розташування поверхонь.

Сумарний допуск форми та розташування – це границя, що обмежує значення сумарного відхилення форми та розташування.

Поле сумарного допуску форми та розташування – зона в просторі або на заданій поверхні, усередині якої повинні міститися всі точки реальної поверхні (профілю) в межах нормованої ділянки, ширина якої визначається значенням допуску, а розташування відносно баз – номінальним розташуванням розглядуваного елемента.

Види сумарних відхилень і допусків форми та розташування поверхонь

Види сумарних відхилень і допусків форми та розташування та знаки, за допомогою яких ці допуски задаються на кресленнях, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Знаки для позначення сумарних допусків форми та розташування на кресленнях (за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013)

№ пп	Вид сумарного відхилення та допуску розташування	Знаки для позначення сумарних допусків форми та розташування
1	Радіальне биття <i>ECR</i>	
2	Торцьове биття <i>ECA</i>	
3	Биття в заданому напрямку <i>ECD</i>	
4	Повне радіальне биття <i>ECTR</i>	
5	Повне торцьове биття <i>ECTA</i>	
6	Відхилення форми заданого профілю <i>ECL</i>	
7	Відхилення форми заданої поверхні <i>ECE</i>	

Сумарні допуски форми та розташування поверхонь, для яких не встановлені окремі графічні знаки позначають знаками складових допусків в наступній послідовності: знак допуску розташування, потім знак допуску форми. Наприклад:

- знак сумарного допуску паралельності та площинності;
 - знак сумарного допуску перпендикулярності та площинності;
 - знак сумарного допуску нахилу та площинності.

Радіальне биття *ECR* – різниця найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною, перпендикулярної до базової осі (рис. 2.16).

Торцьове биття *ECA* – різниця найбільшої та найменшої відстаней від то-

чок реального профілю торцьової поверхні до площини, перпендикулярної до базової осі. Торцьове биття визначається в перерізі торцьової поверхні циліндром заданого діаметра d , співвісним з базовою віссю, а якщо діаметр не задано, - то в перерізі будь-якого (в тому числі і найбільшого) діаметра торцьової поверхні (рис. 2.17).

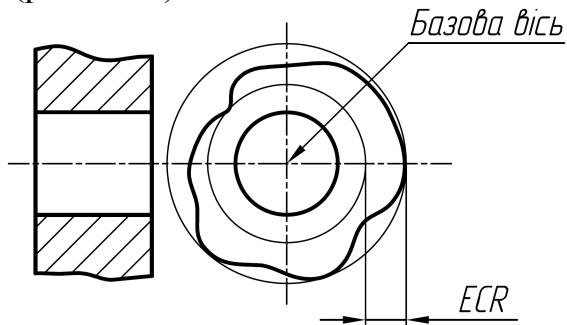


Рис. 2.16 - Радіальне биття (ECR)

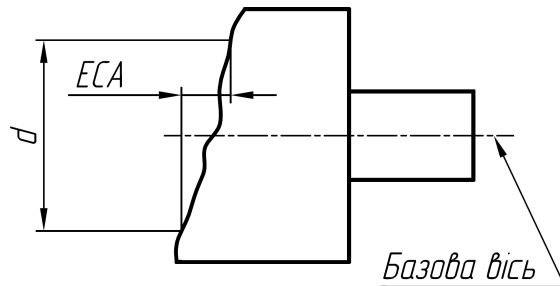


Рис. 2.17 - Торцьове биття (ECA)

Биття в заданому напрямку ECD – різниця найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю розглядуваної поверхні обертання в перерізі її конусом, вісь якого співпадає з базовою віссю, а твірна має заданий напрямок до вершини цього конуса (рис. 2.18).

Допуск биття в заданому напрямку TCD – найбільше допустиме значення биття в заданому напрямку.

Повне радіальне биття $ECTR$ – різниця найбільшої та найменшої відстаней від усіх точок реальної поверхні, в межах нормованої ділянки до базової осі (рис. 2.19):

$$ECTR = R_{\max} - R_{\min}.$$

Повне торцьове биття $ECTA$ – різниця найбільшої та найменшої відстаней від точок всієї торцьової поверхні до площини, перпендикулярної до базової осі (рис. 2.20).

Відхилення форми заданого профілю ECL – найбільше відхилення точок реального профілю від номінального профілю, яке визначається по нормалі до номінального профілю в межах нормованої ділянки (рис. 2.21).

Допуск форми заданого профілю TCL може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні:

а) допуск в діаметральному вираженні – подвоєне найбільше допустиме значення відхилення форми заданого профілю;

б) допуск в радіусному вираженні - найбільше допустиме значення відхилення форми заданого профілю.

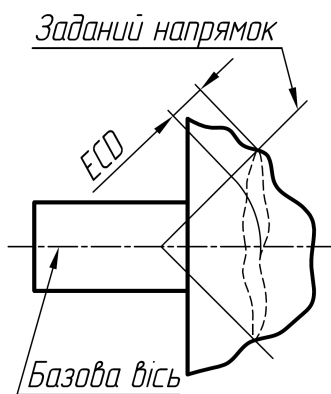


Рис. 2.18 - Биття в заданому напрямку (ECD)

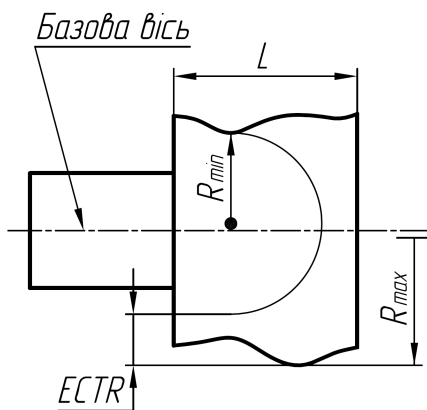


Рис. 2.19 - Повне радіальне биття (ECTR)

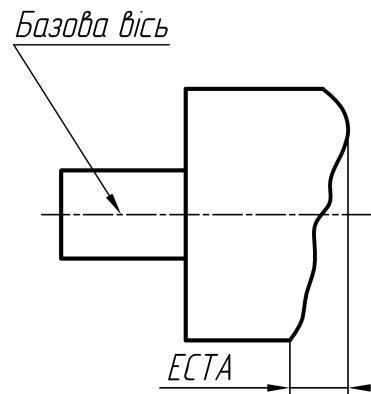


Рис. 2.20 - Повне торцьове биття (ECTA)

Відхилення форми заданої поверхні ECE – найбільше відхилення точок реальної поверхні від номінальної поверхні, яке визначається по нормалі до номінальної поверхні в межах нормованої ділянки (рис. 2.22).

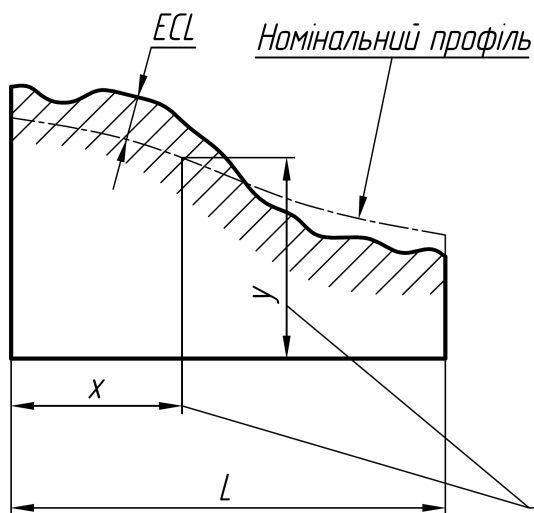


Рис. 2.21 - Відхилення форми заданого профілю (ECL)

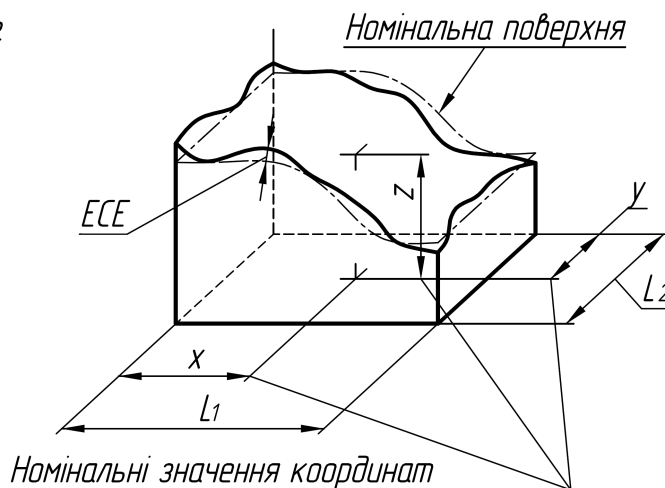


Рис. 2.22 - Відхилення форми заданої поверхні (ECE)

Допуск форми заданої поверхні TCE може задаватись в діаметральному або радіусному вираженні:

- а) допуск в діаметральному вираженні – подвоєне найбільше допустиме значення відхилення форми заданої поверхні;
- б) допуск в радіусному вираженні - найбільше допустиме значення відхилення форми заданої поверхні.

2.5. Залежні та незалежні допуски

Незалежний допуск – це допуск, числове значення, якого постійне для усіх деталей, що виготовляються за даним кресленням і який не залежить від дійсних розмірів нормованого або базового елементів.

Залежний допуск – це допуск, числове значення, якого змінне для усіх де-

талей, що виготовляються за даним кресленням і який залежить від дійсних розмірів нормованого і (або) базового елементів.

Залежними можуть призначатись наступні допуски форми:

- допуск прямолінійності осі циліндричної поверхні;
- допуск площинності поверхні симетрії плоских елементів.

Залежними можуть призначатись наступні допуски розташування:

- допуск перпендикулярності осі (або площини симетрії) відносно площини або осі;
- допуск нахилу осі (або площини симетрії) відносно площини або осі;
- допуск співвісності;
- допуск симетричності;
- допуск перетину осей;
- позиційний допуск осі або площини симетрії.

Залежні допуски призначають тільки для елементів (їхніх осей або площин симетрії), які є отворами або валами. Як правило, вони призначаються, коли необхідно забезпечити складання деталей із зазором між спряженими елементами.

На кресленнях залежний допуск задається своїм мінімальним значенням ($T_{M\min}$) – числовим значенням залежного допуску, коли розглядуваний (нормований) елемент і (або) база мають розміри, що дорівнюють границі максимуму матеріалу (найменшого граничного розміру отвору D_{\min} або найбільшого граничного розміру вала d_{\max}). Це значення допускається перевищувати на величину, яка залежить від відхилення дійсного розміру розглядуваного елемента і (або) бази від відповідної границі максимуму матеріалу.

Таким чином, дійсне значення залежного допуску ($T_{M\phi}$) форми або розташування своє у кожній конкретній деталі.

Залежно до вимог, які ставляться до деталі та способу позначення залежного допуску на кресленні, умова залежного допуску може поширюватись:

- на розглядуваний елемент і базу одночасно, коли розширення допуску розташування можливе, як за рахунок відхилень розміру розглядуваного елемента, так і за рахунок відхилень розміру бази;
- тільки на розглядуваний елемент, коли розширення допуску розташування можливе, тільки за рахунок відхилень розміру розглядуваного елемента;
- тільки на базу, коли розширення допуску розташування можливе, тільки за рахунок відхилень розміру бази.

Дійсне значення залежного допуску розташування ($TP_{M\phi}$), заданого в діаметральному виразі, коли умова залежного допуску поширюється тільки на розглядуваний елемент, для конкретної деталі визначається:

для отвору, як

$$TP_{M\phi} = T_{M\min} + (D_{\phi} - D_{\min}), \quad (2.1)$$

для вала, як

$$TP_{M\phi} = T_{M\min} + (d_{\max} - d_{\phi}), \quad (2.2)$$

де $T_{M\min}$ – мінімальне значення залежного допуску, задане на кресленні (постійна складова для усіх деталей, що виготовляються за даним кресленням);
 D_{\min} , d_{\max} – границя розміру розглядуваного елемента (отвору та вала);

D_∂, d_∂ – дійсні розміри розглядуваного елемента (отвору та вала).

Максимальне значення залежного допуску розташування ($TP_{M\max}$) для цього випадку визначається (для отвору та вала відповідно), як

$$TP_{M\max} = T_{M\min} + T_D, \quad (2.3)$$

$$TP_{M\max} = T_{M\min} + T_d, \quad (2.4)$$

де T_D, T_d – допуск розміру розглядуваного елемента (отвору та вала).

Дійсне значення залежного допуску розташування ($TP_{M\partial}$), заданого в радіусному вираженні, коли умова залежного допуску поширюється тільки на розглядуваний елемент, для конкретної деталі визначається:

для отвору, як

$$TP_{M\partial} = T_{M\min} + 0,5 \cdot (D_\partial - D_{\min}), \quad (2.5)$$

для вала, як

$$TP_{M\partial} = T_{M\min} + 0,5 \cdot (d_{\max} - d_\partial). \quad (2.6)$$

Максимальне значення залежного допуску розташування ($TP_{M\max}$) для цього випадку визначається

для отвору, як

$$TP_{M\max} = T_{M\min} + 0,5 \cdot T_D, \quad (2.7)$$

для вала, як

$$TP_{M\max} = T_{M\min} + 0,5 \cdot T_d. \quad (2.8)$$

Значення залежного допуску розташування, коли умова залежного допуску поширюється тільки на базу, визначаються за аналогічними формулами, в які замість дійсних розмірів та допусків розглядуваних елементів підставляються дійсні розміри та допуски базових елементів.

Якщо на кресленні задано, що умова залежного допуску поширюється на розглядуваний елемент і базу одночасно, то в цьому випадку, друга складова залежного допуску визначається, як сума додаткових значень і для розглядуваного, і для базового елементів.

Якщо залежні допуски призначено на взаємне розташування двох або декількох розглядуваних елементів, то величини, визначені за формулами 2.1-2.8, розраховуються для кожного розглядуваного елемента окремо за розміром та допуском відповідного елемента.

2.6. Нормування допусків форми та розташування поверхонь

Числові значення допусків форми та розташування поверхонь встановлює ГОСТ 24643-81. Для усіх видів відхилень форми та розташування поверхонь передбачено 16 ступенів точності (ступені точності позначають в порядку спадання точності 1, 2, ...). Допуски для одного інтервалу розмірів від одного ступеня точності до наступного зростають в 1,6 рази, а в межах одного ступеня точності від одного інтервалу розмірів до наступного зростають в 1,2 рази (табл. Б.1 – Б.5).

На кресленнях деталей допуски форми та розташування призначаються для поверхонь основного функціонального призначення. Це поверхні, відхилення форми та розташування яких, впливають на роботу підшипників кочення

та ковзання, на якість зубчастих та черв'ячних передач, на биття шківів та зірочок, на якість ущільнень, муфт тощо.

Невказані допуски форми та розташування (допуски так званих інших або «грубих» поверхонь) опосередковано обмежуються допусками розмірів і повинні відповідати ГОСТ 25069-81, ДСТУ ISO 2768-2-2001.

Вибір допусків форми залежить від конструктивних та технологічних вимог до виробу та залежить від величини допуску розміру. Допуски форми (циліндричності, круглості, профілю поздовжнього перерізу, площинності, прямолінійності), а також допуск паралельності призначаються тільки у випадках, коли вони повинні бути меншими за допуск розміру.

Відхилення розташування такі, як відхилення від перпендикулярності, від симетричності, від співвісності, від перетину осей, радіальне та торцьове биття не є частиною допуску розміру.

Для полегшення вибору числових значень допусків рекомендуються рівні відносної геометричної точності, які характеризуються співвідношеннями між допуском розміру та допуском форми або розташування. Співвідношення та приклади застосування відповідних рівнів наведено в табл. 2.4 та 2.5 [4].

Таблиця 2.4

Рівні відносної геометричної точності (ГОСТ 24643-81)

Рівень відносної геометричної точності	Співвідношення між допуском розміру та допуском форми або розташування
<i>A – нормальна відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 60% від допуску розміру
<i>B – підвищена відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 40% від допуску розміру
<i>C – висока відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 25% від допуску розміру
Для циліндричних поверхонь*	
<i>A – нормальна відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 30% від допуску розміру
<i>B – підвищена відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 20% від допуску розміру
<i>C – висока відносна геометрична точність</i>	Допуск форми або розташування становить приблизно 12% від допуску розміру
* - для циліндричних поверхонь для усіх рівнів відносної геометричної точності допуск форми зменшений вдвічі, так як допуск форми обмежує відхилення радіуса, а допуск розміру обмежує відхилення діаметра.	

Допуски циліндричності, круглості, профілю поздовжнього перерізу, які відповідають рівням **A**, **B** та **C** відносної геометричної точності залежно від якості допуску розміру наведено в табл. Б.6, а допуски площинності, прямолінійності і паралельності - в табл. Б.7.

Допуски розташування призначають за двома методами:

- 1) *розрахунковим* – за розрахунками розмірних ланцюгів, можливих змін функціонування, зношування тощо;
- 2) *табличним* – за рекомендаціями довідників та технічної літератури, розробленими для різних способів оброблення поверхонь з урахуванням досліджень та виробничого досвіду.

Приклади застосування рівнів відносної геометричної точності відносної геометричної точності

Рівень відносної геометричної точності	Приклади застосування
<i>А - нормальна відносна геометрична точність</i>	Поверхні в рухомих з'єднаннях з невеликими швидкостями відносного переміщення та навантаженнями, якщо не висуваються особливі вимоги до плавності ходу або до мінімального тертя. Поверхні у з'єднаннях з натягом або з перехідними посадками за необхідності розбирання та повторного складання, підвищених вимогах до точності центрування та стабільності натягу. Вимірювальні поверхні калібрів.
<i>В - підвищена відносна геометрична точність</i>	Поверхні в рухомих з'єднаннях із середніми швидкостями та навантаженнями, за підвищених вимог до плавності ходу та герметичності ущільнень. Поверхні у з'єднаннях з натягом та з перехідними посадками за підвищених вимог до точності та міцності в умовах великих швидкостей та навантажень, ударів та вібрацій.
<i>С - висока відносна геометрична точність</i>	Поверхні в рухомих з'єднаннях з великими швидкостями та навантаженнями, за високих вимог до плавності ходу, зниження тертя, герметичності ущільнень. Поверхні у з'єднаннях з натягом та з перехідними посадками за високих вимог до точності та міцності в умовах дії великих швидкостей та навантажень, ударів та вібрацій.

Під час призначення допусків розташування елементів деталей насамперед визначаються бази, по відношенню до яких ці допуски будуть задаватись. Як правило, за бази приймаються конструкторські бази – поверхні або елементи деталей, які визначають положення деталі в механізмі. Наприклад, для валів, які встановлені в підшипниках, базою є вісь, що проходить через середини посадкових поверхонь підшипників; тобто спільна вісь двох заплечиків вала.

Під час призначення допуску *паралельності* за базу приймається більший за довжиною з двох розглядуваних елементів. Якщо два елементи мають однакову довжину, то за базу може бути прийнятий будь-який з них.

Під час призначення допуску *перпендикулярності* за базу приймається елемент, який утворює більшу сторону розглядуваного прямого кута. Якщо сторони кута мають однакову номінальну довжину, то за базу може бути прийнята будь-яка з них.

Під час призначення допусків *симетричності та перетину осей* за базу слід прийняти елемент з більшою довжиною. Якщо розглядувані елементи мають однакову довжину, то за базу може бути прийнятий будь-який з них.

Під час призначення допусків *співвісності, радіального та торцевого биття*, а також *биття в заданому напрямку* за базу приймаються підшипникові (опорні) поверхні, якщо вони однозначно можуть бути визначені. В інших випадках за базу для загального допуску радіального биття приймається з двох співвісних елементів елемент з більшою довжиною. Якщо елементи мають однакову довжину, то за базу може бути прийнятий будь-який з них.

2.7. Позначення допусків форми та розташування на кресленнях

Правила позначення допусків форми та розташування поверхонь встановлено в ДСТУ ГОСТ 2.308:2013. Допуски форми та розташування поверхонь задають на кресленнях умовними позначеннями. Якщо відповідне умовне позначення відсутнє, тоді допуски задаються записом в технічних вимогах.

За умовного позначення допуски форми та розташування поверхонь задають в прямокутних рамках, поділених на декілька частин (рис. 2.23, а). В першій частині - знак допуску; у другій – числове значення допуску та, за необхідності, через дріб – розміри нормованої ділянки; в третій – літерне позначення баз.

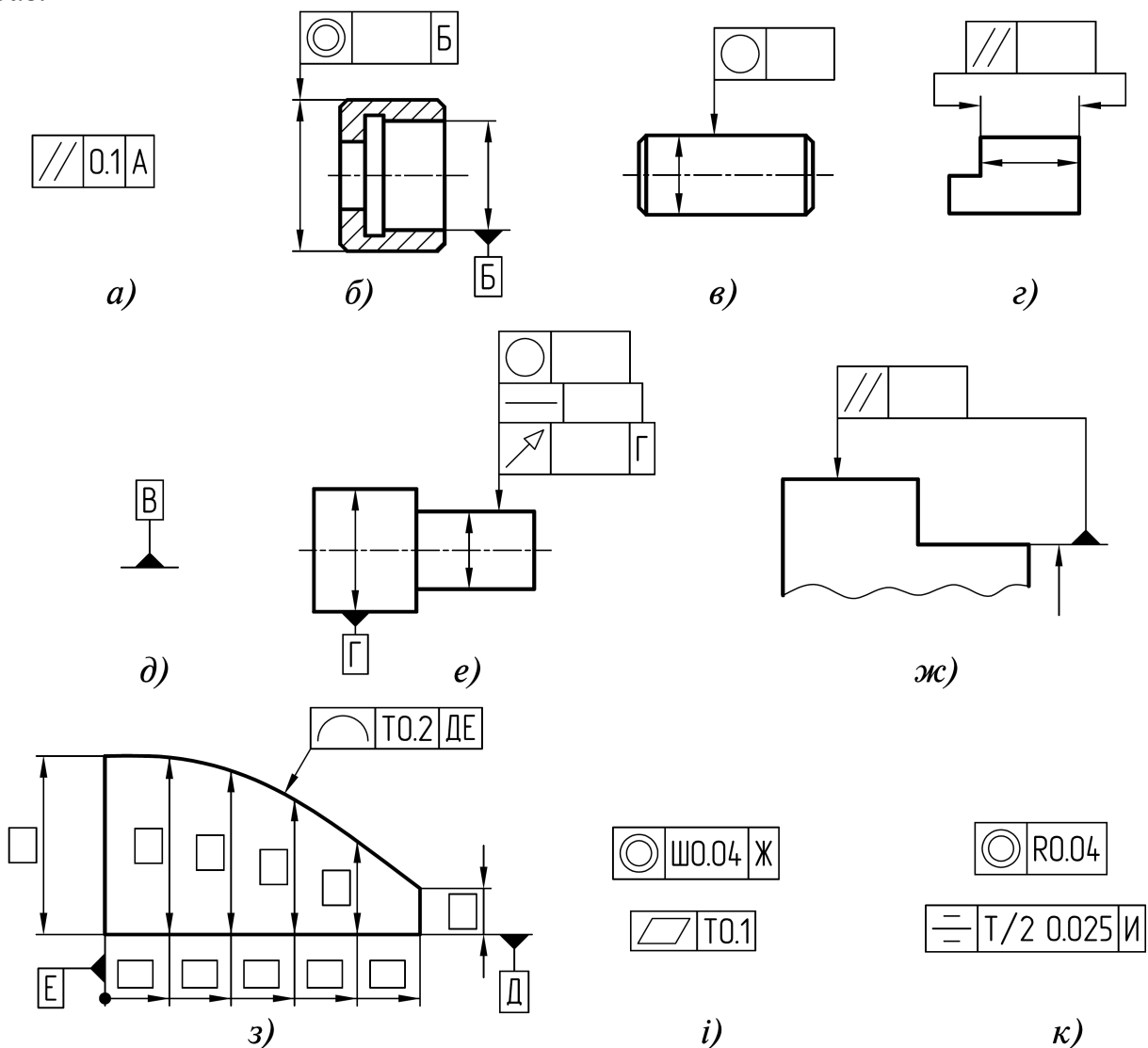


Рис. 2.23 - Умовне позначення допусків форми та розташування поверхонь

Рамку розташовують у горизонтальному положенні. Перетинати рамку будь-якими лініями не допускається. Рамку з'єднують з контурною або виносною лінією елемента, форму або розташування, якого обмежує даний допуск. На кінці з'єднувальна лінія повинна закінчуватись стрілкою, напрямок якої повинен відповідати напрямку вимірювання відповідного відхилення (як правило, перпендикулярно до нормованої поверхні або профілю) (рис. 2.23, б, в, г). Якщо

допуск відноситься до осі або площини симетрії, то з'єднувальна лінія повинна бути продовженням розмірної лінії (рис. 2.23, б). Якщо допуск або база відносяться до поверхні, то з'єднувальна лінія не повинна збігатися з розмірною лінією (рис. 2.23, в).

Бази позначають зачорненим трикутником, який з'єднують за допомогою з'єднувальної лінії з рамкою з літерним позначенням бази (рис. 2.23, д) або з рамкою допуску (рис. 2.23, ж). Якщо жодна з поверхонь не виділяється як база, то трикутник замінюється стрілкою (рис. 2.23, г).

Якщо для одного елемента необхідно задати різні види допусків, то рамки допусків можна об'єднувати і розташовувати як на рис. 2.23, е.

Лінійні і кутові розміри, які визначають номінальне положення елементів, що обмежується допуском розташування, на кресленнях позначають в прямокутних рамках (рис. 2.23, з).

Якщо допуск задається у діаметральному вираженні, то перед числовим значенням допуску ставиться знак \varnothing (якщо поле допуску циліндричне або кругове), або знак T (якщо поле допуску обмежено площинами чи прямими) (рис. 2.23, і). Якщо допуск задається у радіусному вираженні, то перед числовим значенням допуску ставиться знак R (якщо поле допуску циліндричне або кругове), або знак $T/2$ (якщо поле допуску обмежено площинами чи прямими) (рис. 2.23, к).

Залежний допуск позначається знаком \textcircled{M} , який ставиться:

- біля числового значення допуску, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами нормованого елемента (рис. 2.24, а);
- біля бази, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами базового елемента (рис. 2.24, б, в);
- біля числового значення допуску та біля бази, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами нормованого та базового елементів (рис. 2.24, г, д).

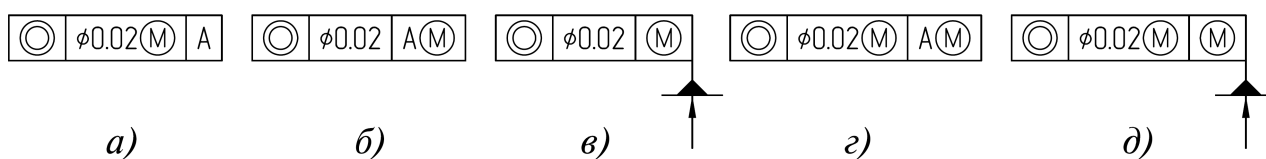
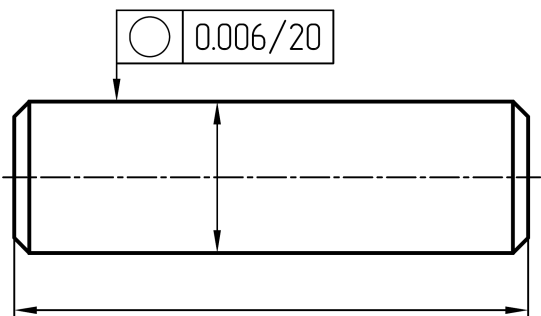
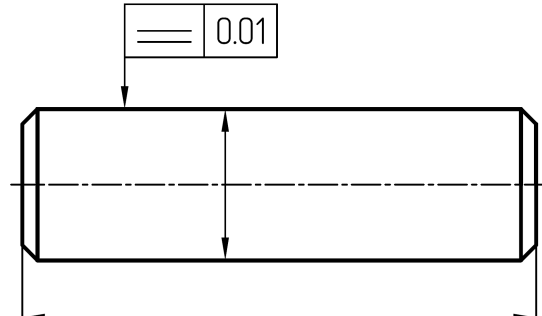
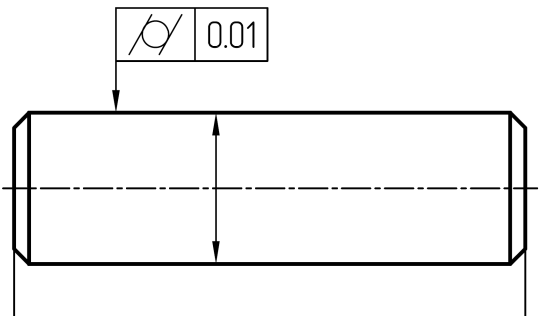
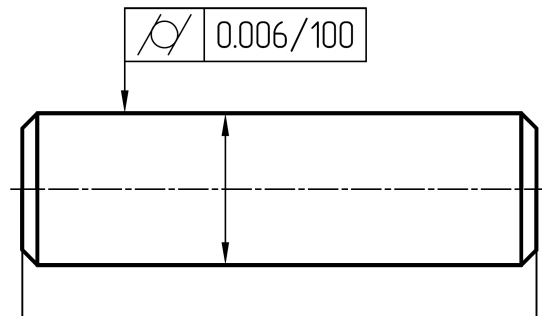
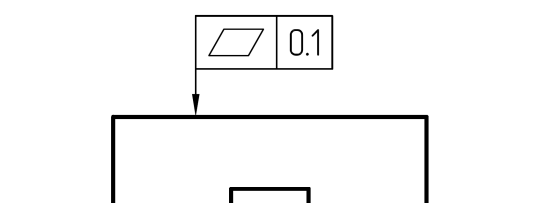
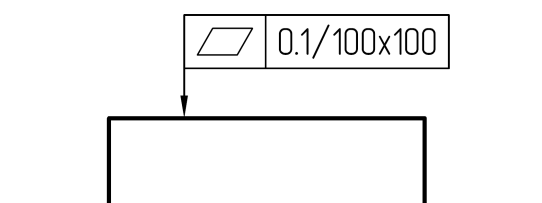
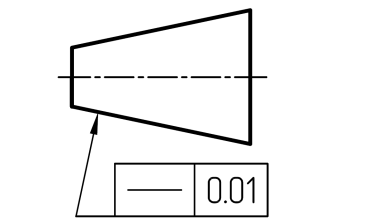
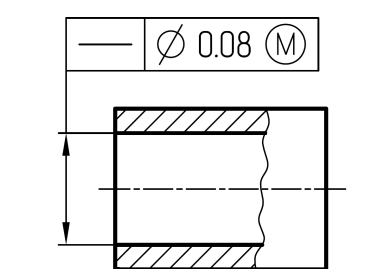
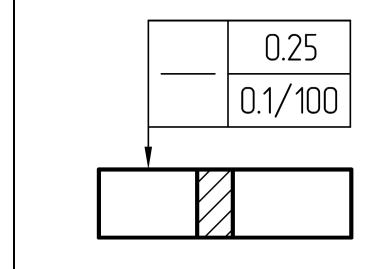
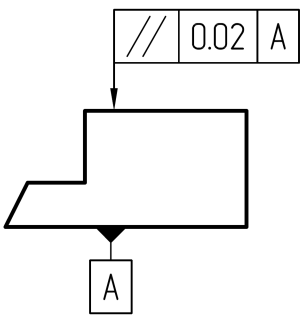
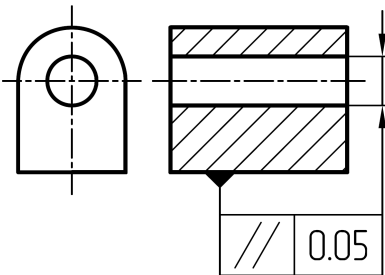
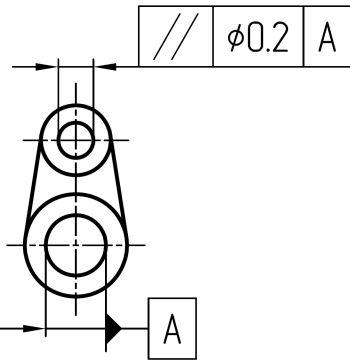
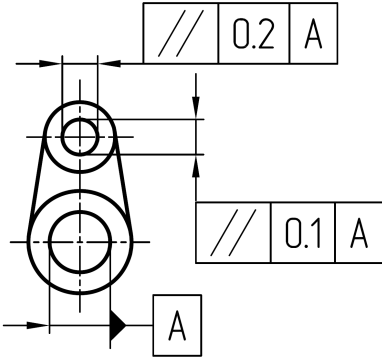
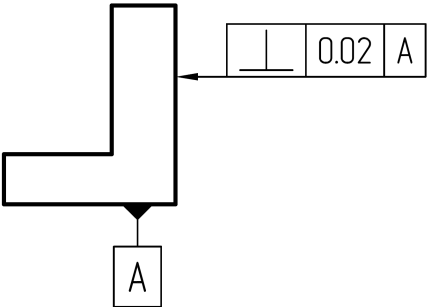
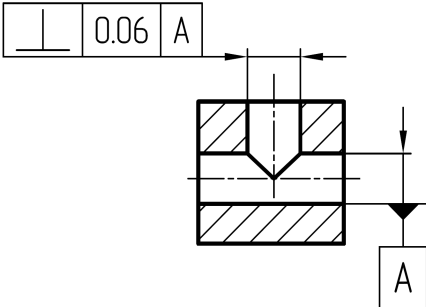
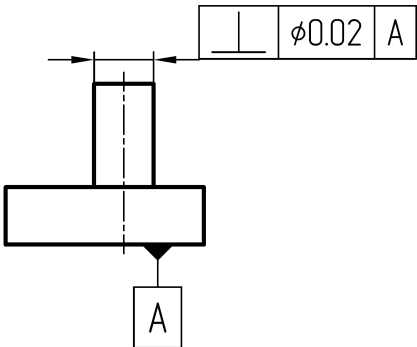
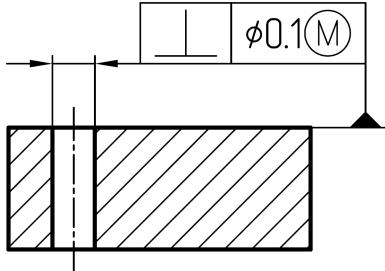


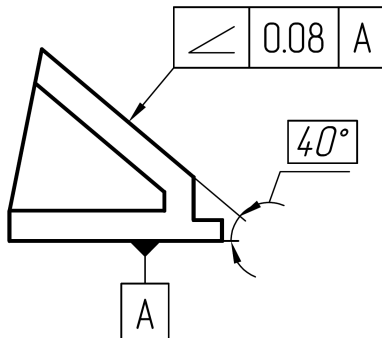
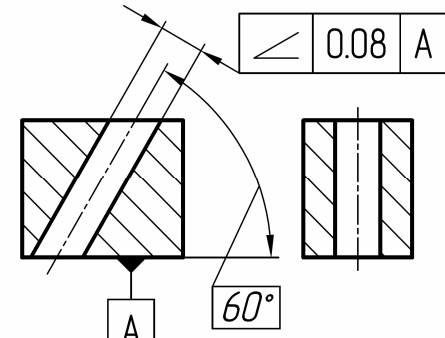
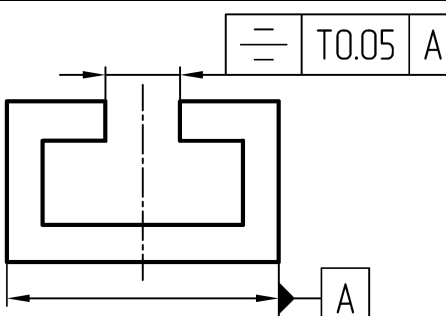
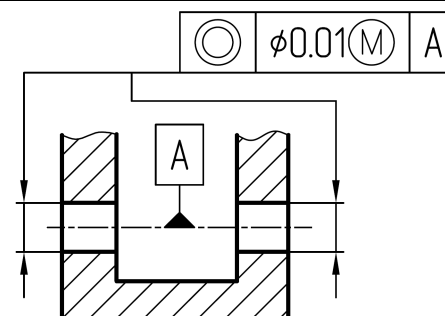
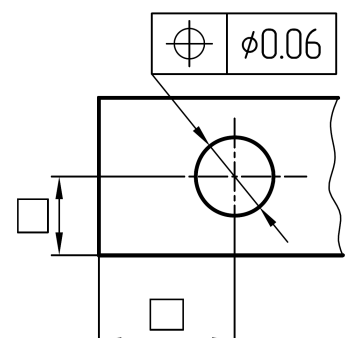
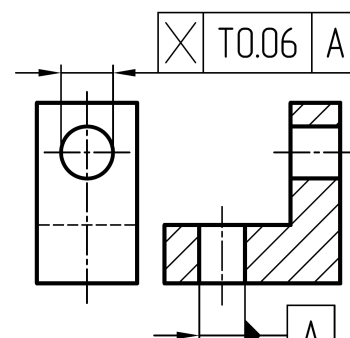
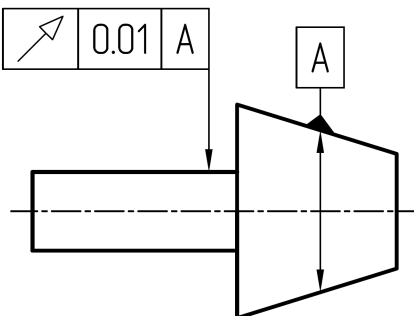
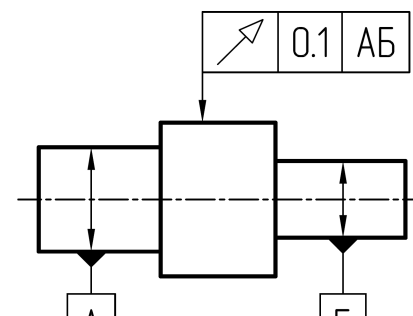
Рис. 2.24 - Умовне позначення залежного допуску

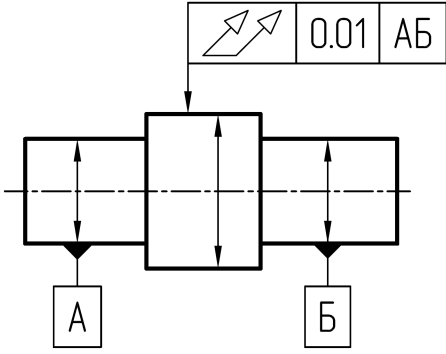
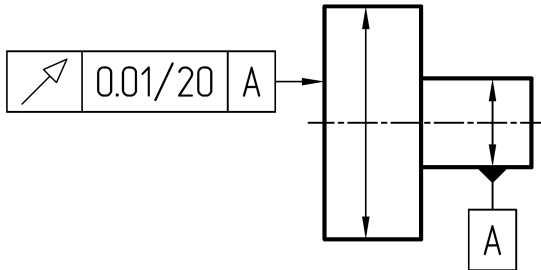
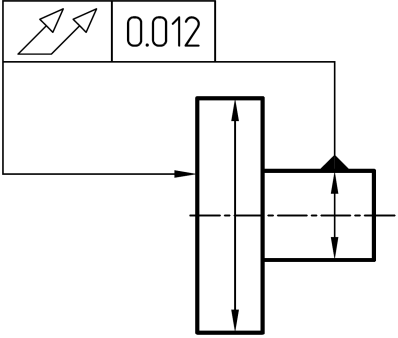
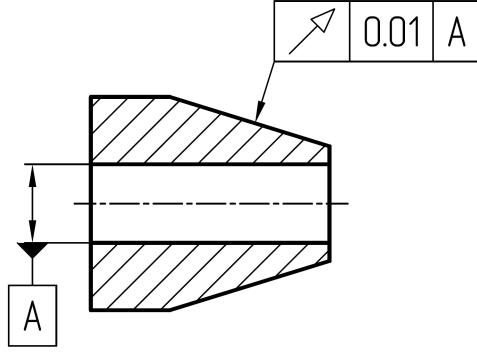
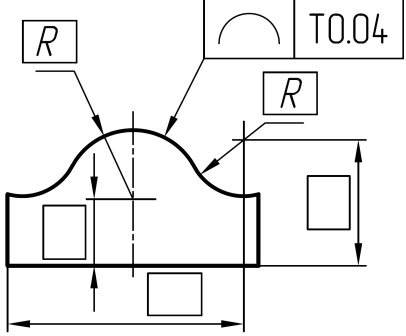
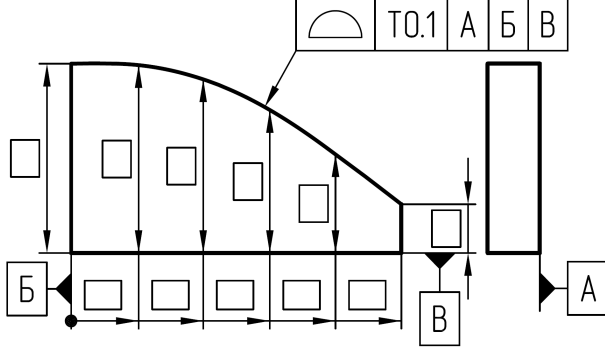
Приклади умовного позначення допусків форми та розташування наведено в табл. 2.6.

Приклади умовного позначення допусків форми та розташування

Допуск круглості		Допуск профілю поздовжнього перерізу	
<div></div> <p>Допуск круглості циліндричної поверхні на довжині 20 мм - 0.006 мм.</p>		<div></div> <p>Допуск профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні 0.010 мм.</p>	
Допуск циліндричності			
<div></div> <p>Допуск циліндричності поверхні 0.010 мм.</p>		<div></div> <p>Допуск циліндричності поверхні 0,006 мм на довжині 100 мм.</p>	
Допуск площинності			
<div></div> <p>Допуск площинності поверхні 0,1 мм.</p>		<div></div> <p>Допуск площинності поверхні 0,1 мм на ділянці площею 100x100 мм.</p>	
Допуск прямолінійності			
<div></div> <p>Допуск прямолінійності твірної конуса 0,01 мм.</p>	<div></div> <p>Допуск прямолінійності осі отвору (допуск залежний) Ø 0,08 мм.</p>	<div></div> <p>Допуск прямолінійності поверхні 0,25 мм на всій довжині і 0,1 на довжині 100 мм.</p>	

Допуск паралельності	
 <p>Допуск паралельності площини відносно площини A 0,02 мм.</p>	 <p>Допуск паралельності осі отвору відносно площини основи 0,05 мм.</p>
 <p>Допуск паралельності осі отвору відносно осі отвору A \varnothing 0,2 мм.</p>	 <p>Допуск паралельності осей отворів у спільній площині 0,1 мм. Допуск перекосу осей отворів 0,2 мм. База – вісь отвору A.</p>
Допуск перпендикулярності	
 <p>Допуск перпендикулярності площини до площини A 0,02 мм.</p>	 <p>Допуск перпендикулярності осі отвору відносно осі отвору A 0,06 мм.</p>
 <p>Допуск перпендикулярності осі виступу відносно поверхні A \varnothing 0,02 мм.</p>	 <p>Допуск перпендикулярності осі отвору відносно поверхні (допуск залежний) \varnothing 0,1 мм.</p>

Допуск нахилу	
 <p>Допуск нахилу поверхні відносно поверхні <i>A</i> 0,08 мм.</p>	 <p>Допуск нахилу осі отвору відносно поверхні <i>A</i> 0,08 мм.</p>
Допуск симетричності	Допуск співвісності
 <p>Допуск симетричності паза відносно площини симетрії поверхні <i>A</i> <i>T</i> 0,05 мм.</p>	 <p>Допуск співвісності осей отворів відносно їхньої спільної осі <i>A</i> \varnothing 0,01 мм (допуск залежний).</p>
Позиційний допуск	Допуск перетину осей
 <p>Позиційний допуск осі отвору \varnothing 0,06 мм</p>	 <p>Допуск перетину осей отворів <i>T</i> 0,06 мм.</p>
Радіальне биття	
 <p>Допуск радіального биття циліндричної поверхні відносно осі конуса 0,01 мм.</p>	 <p>Допуск радіального биття циліндричної поверхні відносно спільної осі поверхонь <i>A</i> і <i>B</i> 0,1 мм.</p>

Повне радіальне биття	Торцьове биття
 <p>Допуск повного радіального биття циліндричної поверхні відносно спільної осі двох поверхонь <i>A</i> і <i>B</i> 0,01 мм.</p>	 <p>Допуск торцьового биття торця циліндричної поверхні на діаметрі 20 мм відносно осі поверхні <i>A</i> 0,01 мм.</p>
Повне торцьове биття	Биття в заданому напрямку
 <p>Допуск повного торцьового биття торця циліндричної поверхні відносно осі поверхні 0,012 мм.</p>	 <p>Допуск биття конічної поверхні відносно осі поверхні <i>A</i> 0,01 мм.</p>
Допуск форми заданого профілю	Допуск форми заданої поверхні
 <p>Допуск форми заданого профілю <i>T</i> 0,04 мм.</p>	 <p>Допуск форми заданої поверхні відносно поверхонь <i>A</i>, <i>B</i>, <i>B</i> становить <i>T</i> 0,1 мм.</p>

Приклади розрахунків залежних допусків.

Приклад 2.1 Пояснити умовне позначення (рис. 2.25) та визначити: 1) максимальне значення залежного допуску; 2) дійсне значення залежного допуску для деталі, у якої дійсний розмір зовнішньої циліндричної поверхні становить $d_o = 49,990$ мм.

Відповідь. Задано залежний допуск співвісності осі зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50_{-0,016}$ відносно осі отвору $\varnothing 30^{+0,021}$, допуск заданий в діаметральному вираженні. Умова залежного допуску поширюється тільки на розглядуваний елемент – зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 50_{-0,016}$.

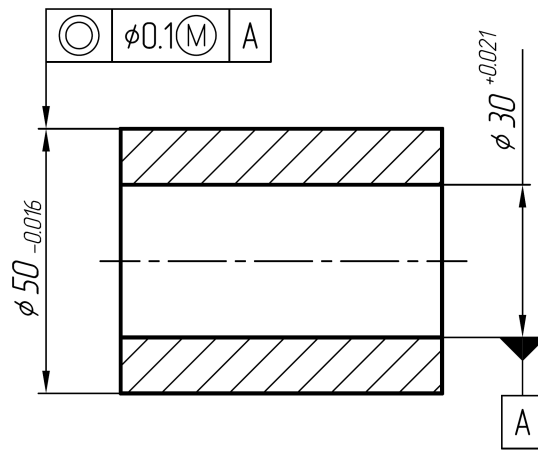


Рис. 2.25 –Завдання до прикладу 2.1

Деталь повинна задовольняти наступним вимогам: діаметри зовнішньої циліндричної поверхні повинні знаходитись в межах від $d_{\min} = 49,984$ мм до $d_{\max} = 50$ мм (допуск вала $T_d = 0,016$ мм), діаметри отвору повинні знаходитись в межах від $D_{\min} = 30$ мм до $D_{\max} = 30,021$ мм.

Якщо діаметр зовнішньої циліндричної поверхні буде $d_{\max} = 50$ мм, то допуск співвісності становитиме $T_{M\min} = 0,1$ мм (мінімальне значення залежного допуску).

1. Максимальне значення залежного допуску буде визначатись за формулою 2.4:

$$TP_{M\max} = T_{M\min} + T_d = 0,1 + 0,016 = 0,116 \text{ мм.}$$

2. Дійсне значення залежного допуску для деталі, у якої дійсний розмір зовнішньої циліндричної поверхні становить $d_\partial = 49,990$ мм буде визначатись за формулою 2.2:

$$TP_{M\partial} = T_{M\min} + (d_{\max} - d_\partial) = 0,1 + (50 - 49,990) = 0,110 \text{ мм.}$$

Приклад 2.2 Пояснити умовне позначення (рис. 2.26) та визначити: 1) максимальне значення залежного допуску; 2) дійсне значення залежного допуску для деталі, у якої дійсні розміри отворів становлять $D_{\partial 1} = 16$ мм, $D_{\partial 2} = 15,995$ мм.

Відповідь. Задано залежний позиційний допуск осей двох отворів $\varnothing 16_{-0.009}^{+0.002}$ мм в діаметральному вираженні. Умова залежного допуску поширюється на розглядувані елементи – два отвори $\varnothing 16_{-0.009}^{+0.002}$ мм.

Деталь повинна задовольняти наступним вимогам: діаметри отворів повинні знаходитись в межах від $D_{\min} = 15,991$ мм до $D_{\max} = 16,002$ мм (допуск отвору $T_D = 0,011$ мм).

Якщо діаметри обох отворів будуть $D_{\min} = 15,991$ мм, то позиційний допуск для кожного отвору становитиме $T_{M\min} = 0,05$ мм (мінімальне значення залежного допуску).

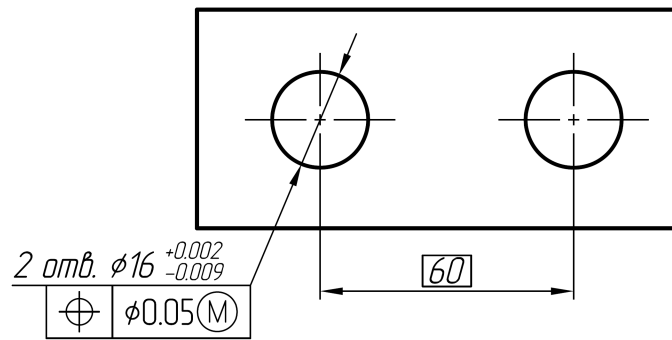


Рис. 2.26 – Завдання до прикладу 2.2

1. Максимальне значення залежного допуску для кожного отвору визначиться за формулою 2.3:

$$TP_{M \max} = T_{M \min} + T_D = 0,05 + 0,011 = 0,061 \text{ мм.}$$

2. Дійсні значення залежного допуску для деталі, у якій дійсні розміри отворів становлять $D_{\partial 1} = 16 \text{ мм}$, $D_{\partial 2} = 15,995 \text{ мм}$. будуть визначатися за формулами 2.1:

для першого отвору

$$TP_{M \partial 1} = T_{M \min} + (D_{\partial 1} - D_{\min}) = 0,05 + (16 - 15,991) = 0,059 \text{ мм,}$$

для другого отвору

$$TP_{M \partial 2} = T_{M \min} + (D_{\partial 2} - D_{\min}) = 0,05 + (15,995 - 15,991) = 0,054 \text{ мм.}$$

2.8. Контрольні запитання

1. Що називають відхиленням форми, допуском форми та полем допуску форми? Дайте визначення. Назвіть види допусків та відхилень форми. Наведіть приклади умовного позначення.

2. Від яких поверхонь та профілів оцінюються відхилення форми циліндричних поверхонь? Дайте визначення.

3. Від яких поверхонь та профілів оцінюються відхилення форми плоских поверхонь? Дайте визначення.

4. Які є комплексні та окремі відхилення форми поверхонь і як визначається комплексне відхилення форми? Як комплексні та окремі відхилення форми задаються на кресленні?

5. Що називають відхиленням розташування, допуском розташування та полем допуску розташування? Дайте визначення. Назвіть види допусків та відхилень розташування. Наведіть приклади умовного позначення.

6. В чому полягає відмінність між допусками позначеними знаками \varnothing , R , T , та $T/2$?

7. Які допуски можуть задаватись на кресленнях в діаметральному або радіусному вираженні? Якими позначеннями?

8. Що називають незалежним і залежним допусками? Для яких елементів деталі можуть призначатись залежні допуски? Як визначаються максимальний та дійсний залежні допуски розташування?

9. Що називають сумарними відхиленнями форми та розташування

поверхонь, сумарним допуском форми та розташування поверхонь, та сумарним полем допуску форми та розташування поверхонь? Дайте визначення. Назвіть види сумарних допусків та відхилень форми та розташування поверхонь. Наведіть приклади умовного позначення.

10. Правила умовного позначення допусків форми та розташування на кресленнях?

11. Які співвідношення між допуском розміру та допуском форми або розташування встановлено для рівнів відносної геометричної точності?

2.9. Контрольні завдання

Завдання 2.1. Призначити допуски форми та розташування поверхонь на рис. 2.27 за даними, наведеними в табл. 2.7. Побудувати ескіз деталі з умовним позначенням призначеного допуску.

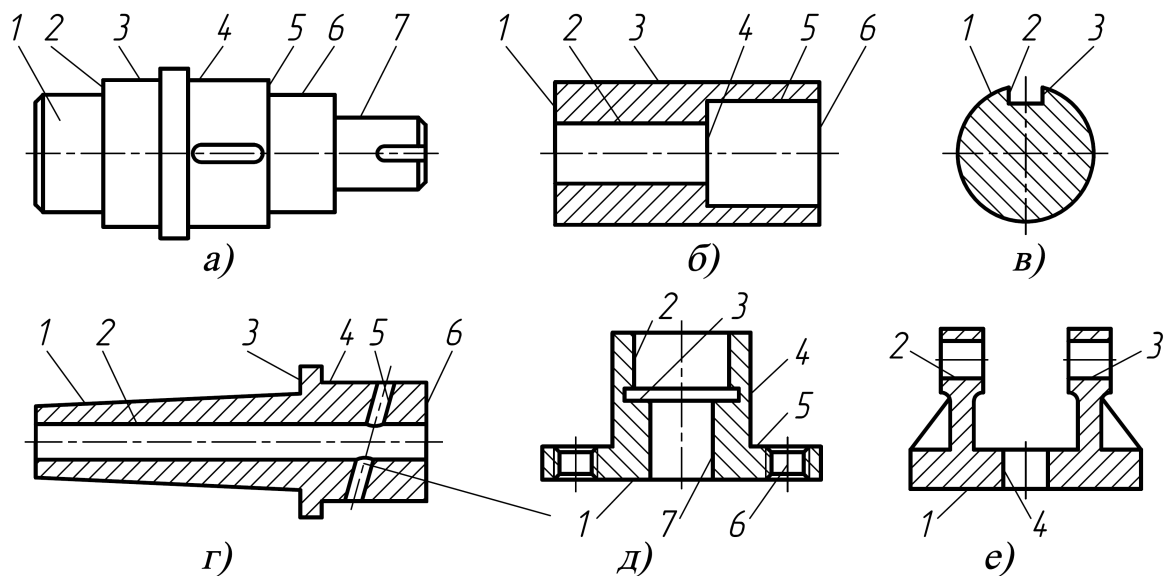


Рис. 2.27 – Завдання 2.1

Таблиця 2.7

№	Ескіз деталі рис. 2.27	Завдання	Значення допуску, мм
1	2	3	4
1	а	Призначити допуск круглості поверхні 1	0,005
2	а	Призначити допуск профілю поздовжнього перерізу поверхні 6	0,006
3	а	Призначити допуск циліндричності поверхні 7	0,01
4	а	Призначити допуск радіального биття поверхні 4 відносно осі центрів	0,02
5	а	Призначити допуск торцевого биття поверхні 2 відносно спільної осі поверхонь 1 і 6.	0,08
6	а	Призначити допуск повного радіального биття поверхні 3 відносно спільної осі поверхонь 1 і 6.	0,08
7	а	Призначити допуск співвісності осі поверхні 7 відносно спільної осі поверхонь 1 і 6.	0,03
8	а	Призначити допуск співвісності поверхні 3 відносно осі центрів	0,05
9	а	Призначити допуск перпендикулярності поверхні 5 відносно спільної осі поверхонь 1 і 6	0,05
10	б	Призначити допуск прямолінійності осі поверхні 1	0,008
11	б	Призначити допуск паралельності торців 1 і 6	0,02

1	2	3	4
12	б	Призначити допуск співвісності осі поверхні 3 відносно осі поверхні 2. Допуск залежний, залежить від дійсного розміру поверхні 3.	0,08
13	б	Призначити допуск співвісності осі поверхні 2 відносно осі поверхні 5. Допуск залежний і залежить від розмірів поверхонь 2 і 5.	0,025
14	б	Призначити допуск циліндричності поверхні 3 на ділянці від 5 до 20 мм від поверхні 1	0,03
15	б	Призначити допуск круглості поверхні 5	0,03
16	б	Призначити допуск профілю поздовжнього перерізу поверхні 2	0,004
17	б	Призначити допуск радіального биття поверхні 3 відносно спільної осі поверхонь 2 і 5	0,05
18	б	Призначити допуск перпендикулярності поверхні 4 відносно спільної осі поверхонь 2 і 5	0,05
19	б	Призначити допуск радіального биття поверхні 4 відносно осі поверхні 2	0,016
20	б	Призначити допуск паралельності поверхні 4 відносно поверхні 1	0,02
21	в	Призначити допуск паралельності поверхонь 2 і 3 відносно осі поверхні 1	0,05
22	в	Призначити допуск симетричності пазу (поверхні 2 і 3) відносно вертикальної площини симетрії вала 1	0,04
23	г	Призначити допуск співвісності поверхні 4 відносно осі поверхні 1	0,05
24	г	Призначити допуск співвісності осі поверхні 1 відносно осі поверхні 2	0,06
25	г	Призначити допуск торцевого биття поверхні 6 відносно осі поверхні 1	0,08
26	г	Призначити допуск перетину осей поверхонь 2 і 5	0,05
27	г	Призначити допуск круглості поверхні 2	0,01
28	г	Призначити допуск биття у напрямку, нормальному до твірної поверхні конуса 1 відносно осі поверхні 2	0,05
29	г	Призначити допуск перпендикулярності поверхні 6 відносно осі поверхні 1	0,04
30	г	Призначити допуск профілю поздовжнього перерізу поверхні 4	0,03
31	г	Призначити допуск прямолінійності осі поверхні 2	0,04
32	г	Призначити допуск циліндричності поверхні 5	0,06
33	г	Призначити допуск кута нахилу осі отвору 5 відносно осі отвору 2 ($\alpha=75^\circ$)	0,08
34	д	Призначити допуск площинності поверхні 1	0,03
35	д	Призначити допуск циліндричності поверхні 2	0,025
36	д	Призначити допуск профілю поздовжнього перерізу поверхні 7	0,04
37	д	Призначити допуск співвісності осі поверхні 2 відносно осі поверхні 7. Допуск залежний і залежить від дійсного розміру поверхні 7	0,06
38	д	Призначити допуск перпендикулярності осі поверхні 2 відносно поверхні 1	0,04
39	д	Призначити допуск паралельності поверхні 5 відносно поверхні 1	0,06
40	д	Призначити позиційний допуск чотирьох різбових отворів 6 відносно осі поверхні 7.	0,12
41	д	Призначити допуск прямолінійності осі різбового отвору 6	0,03
42	д	Призначити допуск перпендикулярності осі поверхні 4 відносно поверхні 1	0,08
43	д	Призначити допуск торцевого биття поверхні 3 відносно осі поверхні 7	0,03
44	д	Призначити допуск радіального биття поверхні 7 відносно осі поверхні 4	0,03
45	е	Призначити допуск симетричності осі поверхні 4 відносно вертикальної площини симетрії деталі	0,04
46	е	Призначити допуск співвісності осі поверхні 2 відносно осі поверхні 3. Допуск залежний і залежить від розмірів поверхонь 2 і 3.	0,08
47	е	Призначити допуск співвісності осей поверхонь 2 і 3 одна відносно іншої	0,16
48	е	Призначити допуск співвісності осі поверхні 3 відносно спільної осі поверхонь 2 і 3.	0,01
49	е	Призначити допуск перпендикулярності осі поверхні 4 відносно поверхні 1	0,08
50	е	Призначити допуск паралельності спільної осі поверхонь 2 і 3 відносно поверхні 1	0,05

Завдання 2.2. Пояснити умовне позначення та визначити: 1) максимальне значення залежного допуску; 2) дійсне значення залежного допуску на рис. 2.28 за даними, наведеними в табл. 2.8.

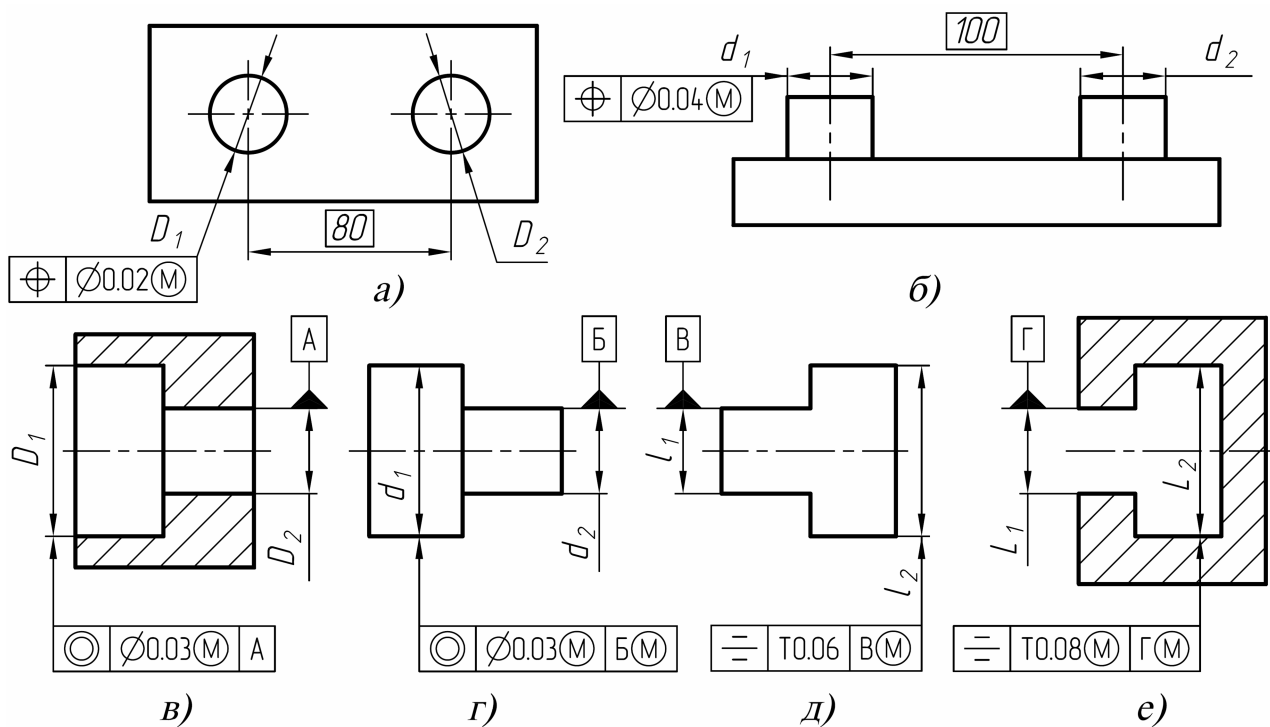


Рис. 2.28 – Завдання 2.2

Таблиця 2.8

№	Ескіз деталі рис. 2.28	Позначення (відповідно до рисунка)			
		D_1 або d_1 , L_1 або l_1		D_2 або d_2 , L_2 або l_2	
		Розмір креслення	Дійсний розмір, мм	Розмір креслення	Дійсний розмір, мм
1	а	10JS6	9,998	10JS6	10,000
2		10J6	10,002	10J6	9,996
3		10K7	10,005	10K7	9,995
4		10M7	10,000	10M7	9,990
5		10F7	10,015	10F7	10,026
6		6,3JS7	6,306	6,3JS7	6,298
7		6,3N7	6,295	6,3N7	6,290
8		6,3K6	6,302	6,3K6	6,295
9		6,3D8	6,340	6,3D8	6,350
10		6,3H7	6,314	6,3M7	6,300
11	б	10js6	10,003	10js6	10,000
12		10h7	9,990	10h7	9,985
13		10k6	10,007	10k6	10,001
14		10h6	9,992	10h6	9,994
15		10n7	10,020	10n7	10,012
16		8n6	8,012	8n6	8,019
17		8k6	8,001	8js7	7,993
18		8p6	8,018	8m6	8,007
19		8h7	7,986	8f6	7,985
20		8js6	8,004	8j6	8,000
21	в	20J7	20,010	10JS7	9,995
22		32H8	32,030	12H7	12,017
23		50M6	49,980	18JS6	18,003
24		40JS8	40,030	16H6	16,010
25		20H7	20,020	10JS6	10,000
26	в	32K7	32,005	12F8	12,018
27		50F8	50,060	18JS8	17,988
28		40H8	40,038	16H8	16,027
29		20E9	20,045	10H9	10,035
30		50D9	50,080	18N6	17,990
31	г	30k5	30,008	15k6	15,012
32		30h8	29,969	15k7	15,018
33		30j7	30,002	15h6	14,990
34		30d8	29,920	15h7	14,983
35		30js8	30,016	15js7	15,005
36		50h6	49,984	20k6	20,015
37		50f8	49,960	20h7	19,980
38		50js7	50,012	20js9	20,002
39	д	30m7	30,015	60m7	60,030
40		30h6	29,988	60js7	59,989
41		30h5	29,996	60j6	60,000
42		30n7	30,016	60h8	59,970
43		30h7	29,985	60f7	59,950
44		20h8	19,970	40e8	39,940
45		20d9	19,900	40h8	39,961
46	е	40M5	39,993	80H7	80,029
47		30H9	30,050	80JS8	79,980
48		30D8	30,075	80J7	80,020
49		40H7	40,020	80H9	80,072
50		30P6	29,982	80N7	79,967

РОЗДІЛ 3. ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ

3.1. Основні терміни та визначення

Терміни та визначення, що відносяться до шорсткості поверхні встановлено ДСТУ ISO 4287:2012 та ДСТУ 2413-94. Позначення параметрів і характеристик шорсткості поверхні та їх числові значення наведено в ДСТУ ISO 4288-2001 та ГОСТ 2789-73.

Шорсткість поверхні - сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, виділена, наприклад, за допомогою базової довжини.

Збільшене зображення реального профілю, отримане під час вимірювання шорсткості, називають профілограмою (рис. 3.1). Профілограму розглядають на базовій довжині l .

Базова довжина l - довжина базової лінії, що використовується для відокремлення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні.

Базова лінія (поверхня) – лінія (поверхня), відносно якої проводиться оцінювання параметрів шорсткості поверхні. Базова поверхня має форму номінальної поверхні, а її положення відповідає загальному напрямку реальної поверхні в просторі. Математично вона може бути визначена, наприклад, за допомогою методу найменших квадратів.

Шорсткість поверхні оцінюється за нерівностями реального профілю. Нерівність профілю – це виступ профілю та спряжена з ним западина профілю.

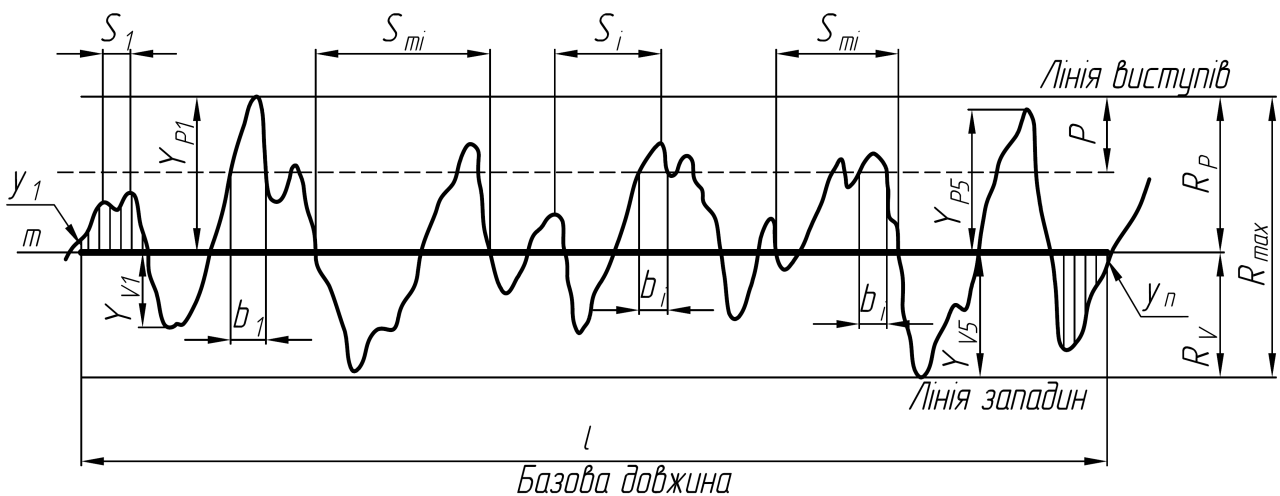


Рис. 3.1 - Профілограма реального профілю

Нормування шорсткості поверхонь базується на **системі середньої лінії** - системі відліку, що використана для оцінювання параметрів шорсткості поверхні, в якій за базову лінію вибрана середня лінія профілю.

Середня лінія профілю m – базова лінія, яка має форму номінального профілю та ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відхилень профілю від цієї лінії є мінімальна (рис. 3.1).

Відхилення профілю Y – відстань між точкою реального профілю та базовою лінією.

Виступ профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точ-

ки перерізу його з середньою лінією профілю і направлена із тіла.

Западина профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перерізу його з середньою лінією профілю та направлення в тіло.

Місцевий виступ профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю.

Місцева западина профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю.

Лінія виступів профілю – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через найвищу точку профілю в межах базової довжини.

Лінія западини профілю – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через нижчу точку профілю в межах базової довжини.

Рівень перерізу профілю P – відстань між лінією виступів профілю та лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю.

Встановлено біля 40 параметрів шорсткості поверхні, та поділені на три групи: параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей; параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю; параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю.

Числові значення і граничні відхилення встановлено для параметрів:

– *параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей:*

Ra - середнє арифметичне відхилення профілю;

Rz - висота нерівностей профілю по десяти точках;

$Rmax$ - найбільша висота нерівностей профілю;

– *параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю:*

Sm - середній крок нерівностей профілю;

S - середній крок місцевих виступів профілю;

– *параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю:*

t_p - відносна опорна довжина профілю.

Середнє арифметичне відхилення профілю Ra - середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| \cdot dx$$

або за дискретного способу оцінювання

$$Ra \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де y – відхилення профілю - відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією, яка виміряна по нормалі, що проведена до середньої лінії через цю точку профілю; y_i - відхилення профілю у вибраних (дискретних) точках (рис. 3.1); n – кількість дискретних відхилень профілю; l – базова довжина.

Висота нерівностей профілю по десяти точках Rz – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5},$$

де y_{pi} – висота i -го найбільшого виступу профілю (рис. 3.1); y_{vi} – глибина i -ї найбільшої западини профілю (рис. 3.1).

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} – відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини (рис. 3.1).

Середній крок нерівностей профілю Sm – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини:

$$Sm = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Sm_i,$$

де Sm_i – крок нерівностей профілю – відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю (рис. 3.1); n – кількість кроків нерівностей профілю на базовій довжині.

Середній крок місцевих виступів профілю S – середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини:

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i,$$

де S_i – крок місцевих виступів профілю – відрізок середньої лінії між проекціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю (рис. 3.1); n – кількість місцевих виступів профілю на базовій довжині.

Відносна опорна довжина профілю t_p – відношення опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l};$$

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i,$$

де η_p – опорна довжина профілю – сума довжин відрізків b_i , що відсікаються на заданому рівні профілю деталі лінією, еквідистантною до середньої лінії, в межах базової довжини (рис. 3.1); l – базова довжина.

За необхідності, додатково до параметрів шорсткості поверхні встановлюються вимоги до напрямку нерівностей поверхні (табл. 3.1), до способу або послідовності способів отримання (обробки) поверхні.

Типи напрямків нерівностей поверхні вибираються з табл. 3.1.

Типи напрямків нерівностей поверхні (за ГОСТ 2789-73 та ГОСТ 2.309-73)

Тип напрямку нерівностей	Схематичне зображення	Пояснення	Позначення
Паралельне		Паралельно лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Перпендикулярне		Перпендикулярно до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Перехресне		Перехреснується у двох напрямках, з нахилом до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Довільне		Різні за напрямком по відношенню до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Колоподібне		Приблизно колоподібно по відношенню до центра поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Радіальне		Приблизно радіальне по відношенню до центру поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Точкове		На поверхні є місцеві опуклості.	

3.2. Позначення шорсткості

Шорсткість поверхні позначається відповідно до ГОСТ 2.309-73 та змін до цього стандарту, введених з 01.07.2005 року.

Шорсткість поверхонь позначають на кресленні для всіх поверхонь виробів, які виконуються за даним кресленням, незалежно від методів їх утворення, крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції.

Вимоги до шорсткості поверхні повинні встановлюватися шляхом вказування параметру шорсткості (одного або декількох), значень вибраних параметрів та базових довжин, на яких відбувається визначення параметрів.

Числові значення параметрів шорсткості (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються із табл. В.1, В.2, В.3, В.4.

Для номінальних числових значень параметрів шорсткості повинні встановлюватись допустимі граничні відхилення.

Якщо параметри Ra , Rz визначені на базовій довжині відповідно до табл. В.5, то ці базові довжини не вказуються у вимогах до шорсткості.

Шорсткість поверхонь позначається одним із знаків (за ГОСТ 2.309-73):



для поверхні, спосіб обробки якої конструктором не встановлений;



для поверхні, яка повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу, наприклад, точінням, шліфуванням, травленням, тощо;



для поверхні, яка повинна бути отримана без видалення шару матеріалу, наприклад, литтям, прокатом, тощо.

Структура позначення шорсткості поверхні показана на рис. 3.2.

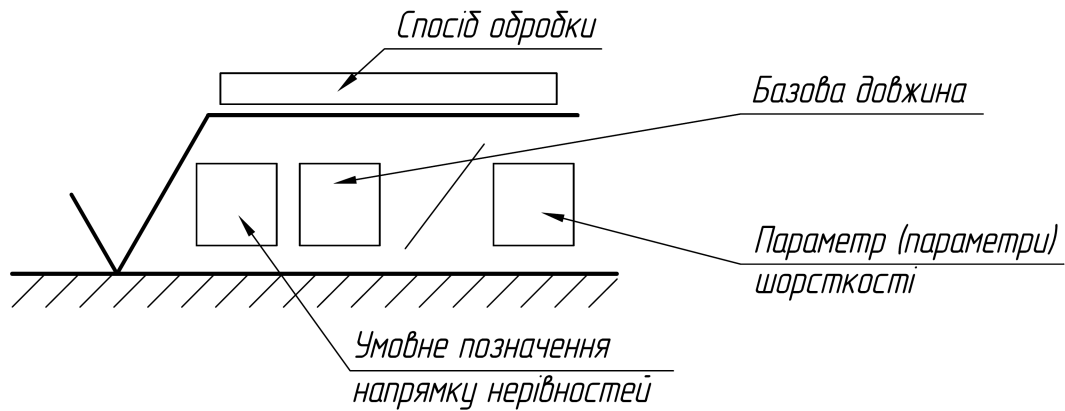


Рис.3.2 - Структура позначення шорсткості поверхні

Числові значення параметрів шорсткості вказують під знаком шорсткості після відповідного символу, наприклад: $Ra\ 0,4$; $Rmax\ 6,3$; $Sm\ 0,63$; $t_{50}\ 70$; $S\ 0,032$; $Rz\ 50$.

Числові значення параметрів Ra , Rz , $Rmax$ задаються у мікрометрах; параметрів Sm , S та l – у міліметрах; t_p та P – у відсотках (%).

Якщо вказують декілька параметрів шорсткості, їх записують згори донизу у послідовності: один з параметрів висоти нерівностей; один з параметрів кроку нерівностей; відносна опорна довжина.

Числові значення параметрів шорсткості можуть бути призначені за одним із способів:

1) найбільшим допустимим значенням параметра, наприклад $\sqrt{Ra0,4}$, $\sqrt{Rz50}$ або найменшим допустимим значенням параметра, наприклад $\sqrt{Ra3,2\ min}$, $\sqrt{Rz50\ min}$.

2) найбільшим і найменшим граничними значеннями параметра, наприклад $Ra_{0,4}^{0,8}$, $t_{p\ 70}^{50}$.

3) номінальним значенням параметра з граничними відхиленнями у відсотках, наприклад $Ra1 + 20\%$, $Rz70 - 20\%$, $t_p\ 70 \pm 40\%$.

Спосіб обробки (рис. 3.2) вказується тільки у випадку, якщо він є єдиний для отримання потрібної якості поверхні. Також, за необхідності, під знаком шорсткості, відповідно до табл. 3.1, ставиться умовне позначення напрямку нерівностей.

Приклади умовного позначення шорсткості наведено в табл. 3.2.

3.3. Нормування шорсткості

Вимоги до шорсткості поверхонь деталей та вибір параметрів для її оцінювання визначаються, виходячи із функціонального призначення, умов роботи та конструктивних особливостей поверхні та деталі в цілому. Якщо в цьому немає необхідності, то вимоги до шорсткості поверхні не встановлюються і шорсткість цієї поверхні контролюватись не повинна.

Приклади позначення шорсткості

Позначення	Пояснення
	<ul style="list-style-type: none"> - Спосіб обробки поверхні конструктором не встановлений; - висота нерівностей профілю по десяти точках Rz не більше 40 мкм на базовій довжині $l = 0,8$ мм; - напрямок нерівностей: M – довільний.
	<ul style="list-style-type: none"> - поверхня має бути отримана без видалення шару матеріалу; - середнє арифметичне відхилення профілю Ra не більше 12,5 мкм та не менше 8,0 мкм на базовій довжині $l = 0,8$ мм.
	<ul style="list-style-type: none"> - Поверхня повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу; - напрямок нерівностей: X - перехресний; - середнє арифметичне відхилення профілю Ra не більше 0,32 мкм на базовій довжині $l = 2,5$ мм
	<ul style="list-style-type: none"> - Спосіб обробки поверхні конструктором не встановлений; - напрямок нерівностей: $=$ - паралельний; - найбільша висота нерівностей профілю $Rmax$ не більше 0,4 мкм на базовій довжині $l = 0,8$ мм.
	<ul style="list-style-type: none"> - Спосіб обробки поверхні конструктором не встановлений; - напрямок нерівностей: R – радіальний; - висота нерівностей профілю по десяти точках Rz не менше 20 мкм на базовій довжині $l = 2,5$ мм (в позначенні довжина не вказується, так як відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. В.5).
	<ul style="list-style-type: none"> - Спосіб обробки поверхні конструктором не встановлений; - середнє арифметичне відхилення профілю Ra не більше 0,1 мкм на базовій довжині $l = 0,25$ мм (в позначенні довжина не вказується, так як відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. В.5); - середній крок нерівностей профілю S_m повинен знаходитись у межах від 0,063 мм до 0,04 мм на базовій довжині $l = 0,8$ мм; - відносна опорна довжина профілю на 50 % рівні перерізу профілю має номінальне значення 80 % з граничними відхиленнями $\pm 10\%$ на базовій довжині $l = 0,25$ мм.
	<ul style="list-style-type: none"> - Поверхня повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу; - спосіб обробки – полірування; - напрямок нерівностей: M – довільний; - середнє арифметичне відхилення профілю Ra не більше 0,025 мкм на базовій довжині $l = 0,08$ мм (в позначенні довжина не вказується, так як відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. В.5).

В основному нормуються висотні параметри. Нормування параметру Ra є переважним. Цей параметр визначається за значно більшою кількістю точок, тому більш повно оцінює відхилення профілю.

Параметр Rz нормується, як правило, у випадках, коли контроль параметру Ra ускладнено - коли розміри контролюваної поверхні малі або форма складна, наприклад, різальні кромки інструментів.

В першу чергу застосовують переважні числові значення параметрів шорс-

ткості.

Шорсткість поверхні може бути призначена за одним із способів [1]:

- за рекомендаціями з вибору числових значень параметрів для найбільш типових видів з'єднань наведених у довідковій літературі;
- за стандартами на деталі та вироби, а також на поверхні, з якими вони з'єднуються, наприклад, вимоги до шорсткості поверхонь під підшипники кочення;
- за відсутності рекомендацій з визначення шорсткості поверхні, обмеження шорсткості поверхні можуть залежати від допуску розміру (IT), допуску форми (TF) або допуску розташування (TP). Величину параметру Rz рекомендується призначати не більше 0,33 від величини допуску на розмір або 0,5...0,4 від допуску форми чи розташування. Якщо на елемент деталі призначено всі три допуски, то для визначення значення параметра Ra береться найменше значення параметра Rz , яке розраховується за формулами:

$$Rz \approx 0,33 \cdot IT; \quad (3.1)$$

$$Rz \approx (0,4 \div 0,5) \cdot TF; \quad (3.2)$$

$$Rz \approx (0,4 \div 0,5) \cdot TP. \quad (3.3)$$

Перехід від параметра Rz до параметра Ra здійснюється за співвідношеннями:

$$Ra \approx 0,25 \cdot Rz, \text{ якщо } Rz \geq 8 \text{ мкм}; \quad (3.4)$$

$$Ra \approx 0,2 \cdot Rz, \text{ якщо } Rz < 8 \text{ мкм}. \quad (3.5)$$

Отримане значення параметра Ra округляють до найближчого числа з ряду стандартних значень (табл. В.1).

Приклад 3.1. Для заданої деталі (рис. 3.3, а) призначити шорсткість поверхні отвору за параметром Ra .

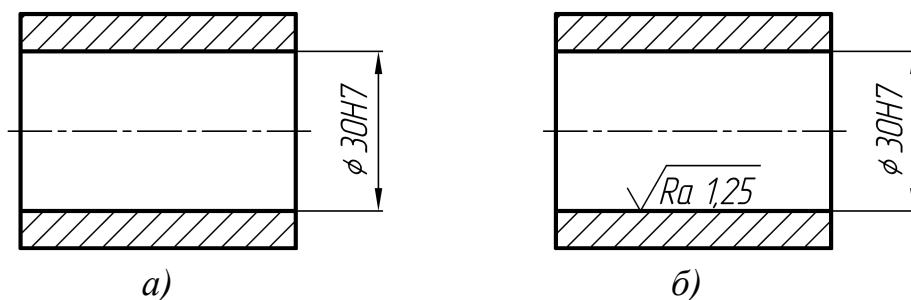


Рис. 3.3 – Завдання до прикладу 3.1 (а) та результат (б)

Розрахунок:

На кресленні деталі задано розмір отвору $\varnothing 30H7$.

- За табл. А.2 допуск розміру становить $IT = 21$ мкм.
- Параметр Rz визначається за формулою 3.1:

$$Rz = 0,33 \cdot IT = 0,33 \cdot 21 = 6,93 \text{ мкм}.$$

- Параметр Ra визначається за формулою 3.5:

$$Ra = 0,2 \cdot Rz = 0,2 \cdot 6,93 = 1,386 \text{ мкм}.$$

За табл. В.1 найближче значення параметра $Ra = 1,25$ мкм (рис. 3.3, б).

Приклад 3.2. Для поверхні $\varnothing 40n6 \left(\begin{smallmatrix} +0,033 \\ +0,017 \end{smallmatrix} \right)$ заданої деталі (рис. 3.4) призначити шорсткість за параметром Ra .

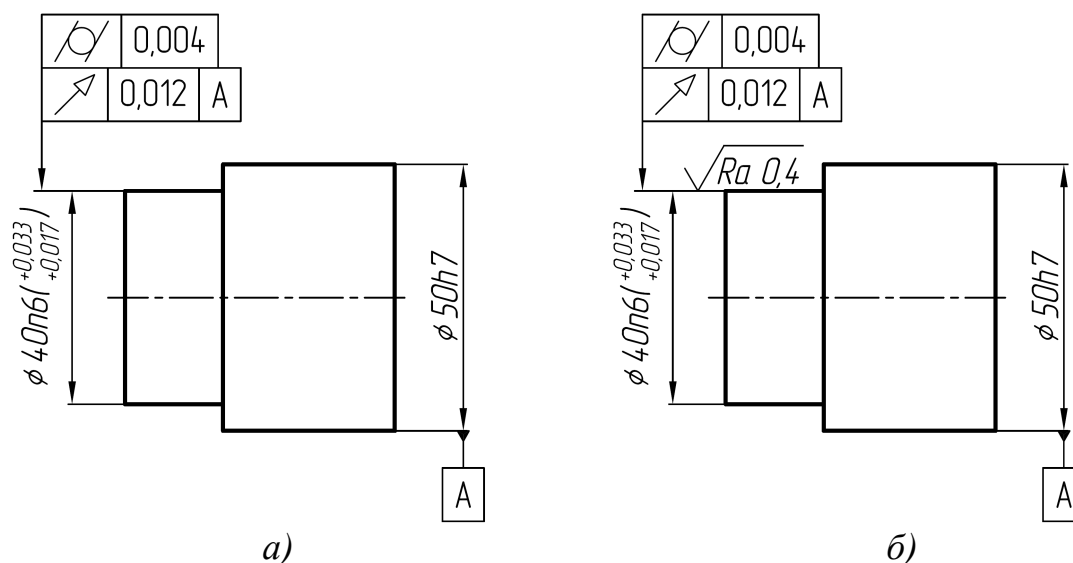


Рис. 3.4 – Завдання до прикладу 3.2 (а) та результат (б)

Розрахунок:

На кресленні деталі для поверхні $\varnothing 40n6 \left(\begin{smallmatrix} +0,033 \\ +0,017 \end{smallmatrix} \right)$ задано: допуск розміру $IT_D = 0,016$ мм; допуск циліндричності $TFZ = 0,004$ мм; допуск радіального биття $TCR = 0,012$ мм.

Найменшим є допуск циліндричності $TFZ = 0,004$ мм, тому шорсткість визначається відносно цього допуску.

- Параметр Rz визначається за формулою 3.2:

$$Rz = 0,5 \cdot TF = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мкм};$$

- Параметр Ra визначається за формулою 3.5:

$$Ra = 0,2 \cdot Rz = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ мкм}.$$

За табл. В.1 найближче значення параметра $Ra = 0,4$ мкм (рис. 3.4, б).

3.4. Контрольні запитання

1. Параметри шорсткості, зв'язані з висотними властивостями нерівностей. Визначення та умовні позначення.
2. Параметри шорсткості, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю. Визначення та умовні позначення.
3. Параметри шорсткості, які зв'язані з формою нерівностей профілю. Визначення та умовні позначення.
4. Знаки для нанесення на кресленнях вимог до шорсткості поверхні та їхнє пояснення. Як задаються на кресленнях граничні значення нормованих параметрів шорсткості поверхні та напрямки нерівностей?
5. Як нормуються параметри шорсткості поверхні?

3.5. Контрольні завдання

Завдання 3.1. Записати позначення параметрів шорсткості поверхні за даними, наведеними в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Варіанти контрольних завдань 3.1

Варіант	Спосіб обробки*	Напрямок нерівностей**	Базова довжина l , мм	R_{\max} , мкм	R_a , мкм	R_z , мкм	S_m , мм	S , мм	Рівень перерізу профілю p , %	Відносна опорна довжина профілю t_p , %
1	1	а	0,8	-	0,32...0,63	-	-	0,003	80	50...70
2	2	в	2,5	-	-	8	0,05	-	60	80
3	3	г	0,8	12...25	-	-	-	0,32	70	60...80
4	1	д	0,25	0,63...1,6	-	-	0,008	-	40	50
5	2	в	0,25	-	0,125...0,4	-	-	0,063	70	80
6	1	г	0,8	0,4...0,8	-	-	-	-	60	70
7	1	б	2,5	-	-	5...8	-	0,063	-	-
8	3	-	0,8	-	-	8...12,5	1,25	-	-	-
9	2	б	0,25	-	1,6...3,2	-	-	0,08	60	70
10	3	г	0,8	-	16...32	-	0,8	-	-	-
11	1	г	0,25	3,2...6,3	-	-	-	0,1	-	60...80
12	2	а	0,25	0,08	-	-	0,05	-	-	-
13	1	д	0,8	-	-	1,6...3,2	-	0,02	-	-
14	1	е	2,5	-	-	12,5...16	0,04	-	70	60
15	3	г	2,5	3,2...6,3	-	-	-	-	50	60
16	2	г	0,8	-	-	0,63	-	0,08	80	70
17	1	в	2,5	-	1,6...3,2	-	0,063	-	50	60...80
18	1	б	0,25	2...5	-	-	-	0,125	-	-
19	2	д	2,5	-	0,32	-	0,063	-	50	50...70
20	1	в	0,25	-	-	12,5...20	-	0,08	60	50
21	3	-	0,8	-	-	12,5...20	1,25	-	-	-
22	3	-	-	6,3...12,5	-	-	-	-	40	70
23	1	е	2,5	-	0,63	-	-	0,04	60	60...80
24	1	г	0,25	1,25	-	-	0,05	-	30	50...70
25	3	г	8	50...100	-	-	-	-	-	-
26	2	е	0,25	-	0,32...0,4	-	-	0,08	60	80
27	2	в	2,5	-	-	12,5...16	-	0,1	-	-
28	1	є	0,25	-	-	6,3	-	0,05	60	60...80
29	1	г	0,25	-	1,6...0,4	-	0,05	-	-	-
30	2	г	2,5	6,3	-	-	-	0,125	50	60
31	2	2	0,8	-	-	1,6...3,2	0,063	-	70	80
32	3	г	2,5	-	-	12,5...25	-	-	50	70
33	2	в	2,5	6,3...10	-	-	-	0,05	60	90
34	3	-	0,8	-	-	20...50	-	-	70	50
35	1	б	0,25	-	0,2...0,32	-	0,05	-	80	60

*) 1 - спосіб обробки конструктором не встановлений; 2 - поверхня повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу; 3 - поверхня повинна бути отримана без видалення шару матеріалу.

**) а – паралельний; б – перпендикулярний; в – перехресний; г – довільний; д – колоподібний; е – радіальний; є – точковий.

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ПОСАДОК

Вибір оптимальної посадки гладкого з'єднання базується на аналізі цього з'єднання з точки зору призначення, умов експлуатації та складання. Визначаються: тип з'єднання – рухоме чи нерухоме, якщо нерухоме, то за рахунок чого забезпечується нерухомість; вимоги до точності з'єднання та центрування деталей; значення та характер навантаження; можливість розбирання або регулювання під час експлуатації; швидкість відносного переміщення тощо.

Вибір допусків та посадок для з'єднань деталей здійснюються за одним із методів:

- *метод прецедентів або аналогів*. Допуск або посадку призначають за аналогією з допуском або посадкою в однотипному вузлі, який був спроектований раніше і знаходиться в експлуатації;
- *метод подібності* полягає у визначенні аналогії у конструктивних ознаках та умовах експлуатації проекрованої складальної одиниці з ознаками, вказаними у довідниках.

Спільним недоліком цих методів є складність у визначенні однотипності конструкцій, відсутність кількісних значень параметрів, які характеризують аналогічне або подібне з'єднання, що може призвести до призначення помилкових допусків та посадок.

– *розрахунковий метод* – є найбільш обґрунтованим методом вибору посадок. Посадки вибирають за оптимальними або граничними зазорами або натягами, визначеними за теоретичними або напівемпіричними залежностями. Призначені за цим методом посадки, враховують конкретні умови роботи та конструкцію з'єднання. Однак, внаслідок різноманіття видів з'єднань універсальних методів розрахунку посадок не існує.

Під час вибору і призначення посадок за будь-яким методом конструктор, виходячи із розрахункових або експериментальних даних про допустимі коливання зазорів або натягів, повинен порівнювати їх з граничними значеннями в рекомендованих посадках для вибору найбільш оптимальної.

Для того, щоб правильно вибрати посадку гладкого з'єднання, необхідно знати особливості різних типів посадок та області їхнього застосування.

4.1. Вибір посадок з натягом

Основні особливості посадок з натягом

– Посадки призначені для нерухомих та нероз'ємних з'єднань. Відносна нерухомість деталей в з'єднаннях забезпечується силами тертя, що виникають на контактуючих поверхнях внаслідок їхньої пружної деформації, яка створюється натягом під час складання.

– Посадки з натягом в системі отвору утворюються шляхом з'єднання основного отвору H з валами $p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb$, та zc , а в системі вала – шляхом з'єднання основного вала h з отворами $P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$. На схемах полів допусків посадок з натягом поле допуску вала розташовано над полем допуску отвору.

– Посадки застосовують для передачі крутних моментів та осьових сил без додаткового кріплення. Інколи, за умови передачі дуже великих крутних моментів або за наявності досить великих зсувних сил, у з'єднаннях з натягом застосовується додаткове кріплення шпонками, штифтами, гвинтами тощо.

– Міцність та якість з'єднання залежать від матеріалу деталей, форми та шорсткості спряжених поверхонь, способу складання та інших факторів.

– Посадки застосовують тільки в точних квалітетах (з 5-го по 8-й).

– Завдяки надійності, простоті конструкції та складання посадки застосовуються в усіх галузях машинобудування.

З'єднання з натягом можуть бути отримані за одним із способів:

- складання під пресом або поздовжнє запресовування;

- спосіб термічної деформації або поперечне запресовування - складання з попереднім розігрівом деталі, що охоплює (отвору) або охолодженням охопленої деталі (вала) до певної температури.

Якщо складання здійснюється запресовуванням, то на одній з деталей повинна бути передбачена, так звана «вхідна» фаска з кутом 10° .

У кожному конкретному випадку вибір способу складання визначається розмірами спряжених деталей, значеннями натягів, наявності відповідного обладнання для складання і т.д.

Застосування посадок з натягом.

Посадки з натягом умовно поділяються на три групи:

- легкі: H/p , P/h ;
- середні: H/r , H/s , H/t , R/h , S/h , T/h ;
- важкі: H/u , H/x , H/z , U/h , X/h , Z/h .

Легкі посадки (H/p , P/h) характеризуються найменшими значеннями гарантованого натягу (N_{min}). Застосовуються, коли осьові сили або крутні моменти, які діють на з'єднання малі; коли деталі тонкостінні і можуть легко деформуватись; для з'єднань з натягом деталей з кольорових металів; для забезпечення центрування важко навантажених деталей, що обертаються (з обов'язковим додатковим кріпленням). Встановлені ці посадки в точних квалітетах (отвори – 7, 6-й квалітети, вали – 6, 5-й квалітети). Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H7/p6$, $P7/h6$, $H6/p5$, $P6/h5$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Середні посадки (H/r , H/s , H/t , R/h , S/h , T/h) характеризуються помірним гарантованим натягом, який забезпечує передачу середніх навантажень. Часто призначаються, коли застосування посадок з великими гарантованими натягами може призвести до руйнування деталей. З'єднання можуть складатись або під пресом або способом термічної деформації. У з'єднаннях виникають пружні деформації. Для деталей з кольорових металів застосовують для отримання незначних натягів. Деталі в цих з'єднаннях відносно високої точності (отвори – 7, 6-й квалітети, вали – 6, 5-й квалітети). Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H7/r6$, $H7/s6$, $H7/s7$, $H8/s7$, $H7/t6$, $H6/r5$, $H6/s5$, $R7/h6$, $S7/h6$, $T7/h6$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Важкі посадки (H/u , H/x , H/z , U/h , X/h , Z/h) характеризуються великими гарантованими натягами. Застосовуються для з'єднань, які передають значні, в тому числі і динамічні навантаження. У з'єднаннях виникають пружно-пластичні деформації, тому деталі повинні перевірятись на міцність. Складаються деталі, в основному, способом термічної деформації. Для цих посадок передбачено досить широкі поля допусків деталей (8-й, іноді 7-й квалітет). Рекомендованими в цій групі є посадки $H7/u7$, $H8/u8$, $H8/x8$, $H8/z8$, $U8/h7$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Приклади застосування посадок з натягом показано на рис 4.1

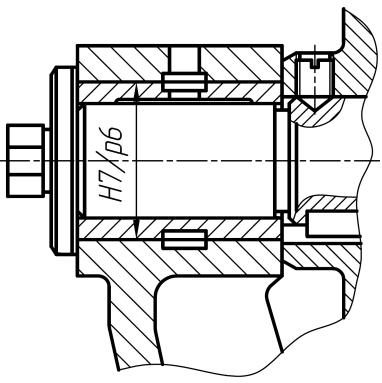
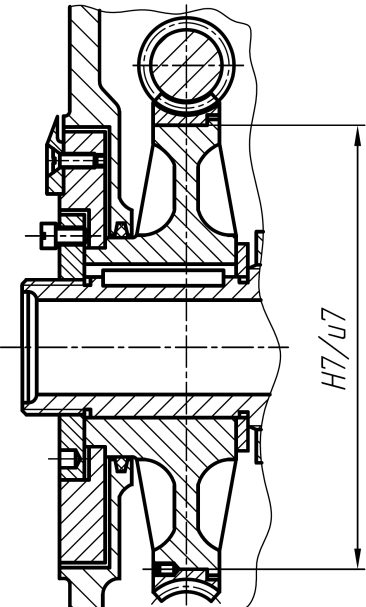
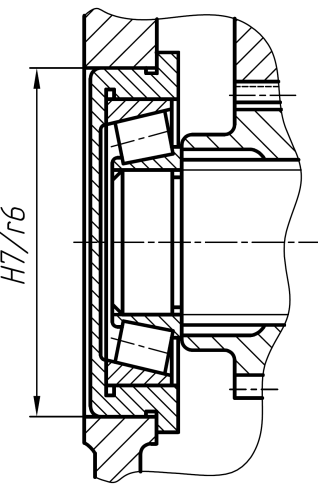
		
<p>З'єднання втулки з важелем. Навантаження на з'єднання мале. Тонкостінна втулка під час коливальних рухів важеля не повинна деформуватись. Забезпечується нерухомість з'єднання під час включення та виключення важелем подачі.</p>	<p>З'єднання маточини черв'ячного колеса з вінцем з додатковим кріпленням гвинтами. Передаються значні крутні моменти. Забезпечується міцність і нерухомість з'єднання під час роботи механізму.</p>	<p>Нерухоме з'єднання бронзової підшипникової втулки з корпусом без додаткового кріплення. Забезпечується нерухомість з'єднання, яка необхідна для якісної роботи підшипника кочення</p>

Рис. 4.1 - Приклади застосування посадок з натягом

Розрахунок посадок з натягом.

Методика розрахунку посадок з натягом наведена у ряді робіт [1, 2, 4, 10].

Метою розрахунку посадки з натягом є забезпечення виконання двох умов:

- 1) забезпечення міцності з'єднання, тобто відсутності зміщення спряжених деталей під дією зовнішніх навантажень;
- 2) забезпечення міцності самих деталей, які з'єднуються.

Виходячи з першої умови, визначається мінімально допустимий натяг N_{min} , необхідний для забезпечення міцності з'єднання в умовах максимально можливого навантаження. Виходячи з другої умови, визначається максимально

допустимий натяг N_{max} , за якого, як правило, відсутні пластичні деформації в найбільш напруженій зоні з'єднання.

Вихідними умовами для розрахунку є:

- 1) зовнішнє навантаження: поздовжня осьова сила P , що прагне зсунути одну деталь відносно іншої або крутний момент $M_{кр}$, що прагне повернути одну деталь відносно іншої, або їхня одночасна дія - P та $M_{кр}$;
- 2) розміри з'єднання: номінальний діаметр – D , довжина з'єднання – l ; внутрішній діаметр вала – d_1 , зовнішній діаметр втулки – d_2 (рис. 4.2);
- 3) шорсткість спряжених поверхонь: втулки – Rz_1 , вала – Rz_2 ;
- 4) матеріали вала і втулки;
- 5) спосіб складання: під пресом або спосіб термічної деформації.

За визначенням, посадки з натягом – це посадки, у яких завжди у з'єднанні утворюється натяг. А натяг N – це різниця між розмірами вала та отвору до складання, якщо розмір вала більший за розмір отвору у з'єднанні розміри вала і отвору однакові.

Під час з'єднання (рис. 4.2) отвір втулки розтягується до діаметра D на величину N_D і одночасно вал стискається на величину N_d :

$$D = D_O + N_D; \quad D = d_B - N_d;$$

де D_O – внутрішній діаметр втулки до складання; d_B – зовнішній діаметр вала до складання.

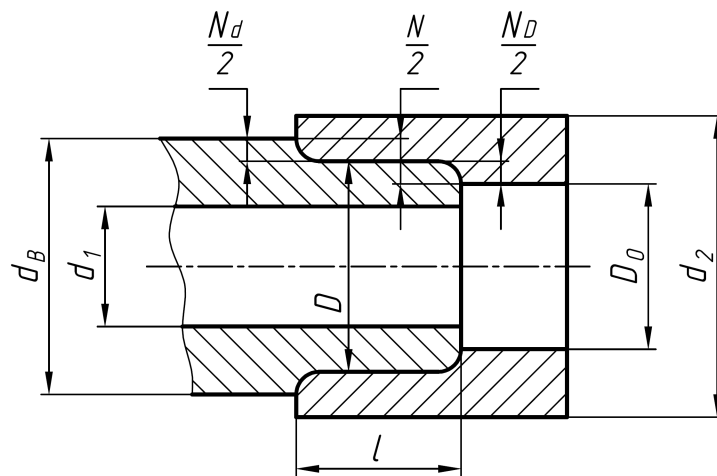


Рис. 4.2 - Схема посадки з натягом

Натяг визначиться, як

$$N = d_B - D_O.$$

Таким чином, натяг – це сума пружних деформацій вала N_d і втулки N_D :

$$N = N_D + N_d. \quad (4.1)$$

Із опору матеріалів відомі співвідношення для визначення напружень та пружних деформацій у товстостінних порожнистих циліндрах:

$$N_D = p \cdot D \cdot \frac{C_1}{E_1}; \quad N_d = p \cdot D \cdot \frac{C_2}{E_2}; \quad (4.2)$$

де p – тиск на поверхні контакту спряжених деталей, Н/м²; D – номінальний діаметр з'єднання, м; E_1, E_2 – модулі пружності матеріалів втулки і вала, Н/м² (табл. Г.1); C_1, C_2 – коефіцієнти Ляме, що визначаються за формулами:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2}\right)^2} + \mu_1; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{D}\right)^2} - \mu_2; \quad (4.3)$$

де μ_1, μ_2 – коефіцієнти Пуассона матеріалів втулки і вала (табл. Г.1).

Підставивши рівняння (4.2) в рівняння (4.1), отримано:

$$N = p \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right). \quad (4.4)$$

Відповідно мінімальний натяг буде визначатись, як:

$$N_{\min} = p_{\min} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right), \quad (4.5)$$

де p_{\min} – мінімально необхідний тиск на контактуючих поверхнях вала та втулки, Н/м².

Мінімальний необхідний тиск p_{\min} визначають із умови відсутності відносного зміщення деталей з'єднання під час дії в механізмі зовнішнього навантаження:

1) на з'єднання діє осьова сила P . В цьому випадку для забезпечення нерухомості з'єднання найменша сила тертя на контактуючих поверхнях отвору і вала має бути не меншою за діючу осьову силу P :

$$P_{mp \min} = \pi \cdot D \cdot l \cdot p_{\min} \cdot f_1 \geq P;$$

звідси

$$p_{\min} \geq \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l \cdot f_1}, \quad (4.6)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя за осьового зміщення деталей (табл. Г.2);

2) на з'єднання діє крутний момент $M_{кр}$. Аналогічно до попереднього випадку, найменший момент тертя повинен бути не менший за діючий крутний момент $M_{кр}$:

$$M_{mp \min} = P_{mp \min} \cdot D/2 = \pi \cdot D \cdot l \cdot p_{\min} \cdot f_2 \cdot D/2 \geq M_{кр};$$

звідси

$$p_{\min} \geq \frac{2 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot f_2}, \quad (4.7)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя за відносного обертання деталей;

3) на з'єднання діє одночасно осьова сила P і крутний момент $M_{кр}$. В цьому випадку визначається їхня рівнодійна, яка підставляється у рівняння (4.6) замість сили P :

$$p_{\min} \geq \frac{\sqrt{\left(\frac{2M_{kp}}{D}\right)^2 + P^2}}{\pi \cdot D \cdot l \cdot f}, \quad (4.8)$$

де f – коефіцієнт тертя за сталого процесу розпресовування або провертання. В розрахунках допускається приймати приблизні значення f за складання під пресом сталевих та чавунних деталей - $f \approx 0,085$; за складання з розігрітою охоплюючою деталлю - $f \approx 0,14$.

Найбільший натяг визначається, як:

$$N_{\max} = p_{\max} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right). \quad (4.9)$$

Максимальний тиск p_{\max} визначають із умови міцності спряжених деталей. Базуючись на теорії найбільших дотичних напружень, визначають максимально допустимий тиск p_{don} , за якого відсутня пластична деформація на контактуючих поверхнях деталей:

$$\text{для втулки} \quad p_{don}^D \leq 0.58 \cdot \sigma_T^D \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2 \right]; \quad (4.10)$$

$$\text{для вала} \quad p_{don}^d \leq 0.58 \cdot \sigma_T^d \cdot \left[1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2 \right]; \quad (4.11)$$

де σ_T^D , σ_T^d – границі плинності матеріалів деталей втулки та вала за розтягування, Н/мм² (табл. Г.3).

За p_{\max} береться менше з допустимих значень тиску - p_{don}^D , p_{don}^d . Якщо вал суцільний ($d_1 = 0$), розрахунок виконують тільки для втулки.

Отримані значення натягів необхідно коректувати у бік збільшення, бо під час складання відбувається часткове зминання мікронерівностей на контактуючих поверхнях деталей. Коректувати треба і найбільший, і найменший натяги, щоб не завищувати отриману під час розрахунку точність з'єднання.

В результаті мінімальний і максимальний розрахункові натяги будуть становити:

$$N_{\min}^p = N_{\min} + 1,2 (Rz_1 + Rz_2);$$

$$N_{\max}^p = N_{\max} + 1,2 (Rz_1 + Rz_2);$$

де Rz_1 і Rz_2 – шорсткість поверхні отвору і вала.

Посадку з натягом вибирають за ГОСТ 25347-82 виходячи з того, що найбільший і найменший натяги стандартної посадки ($[N_{\max}]$, $[N_{\min}]$) для інтервалу розмірів, в який входить діаметр з'єднання D , задовольняють умові:

$$N_{\min}^p \leq [N_{\min}];$$

$$N_{\max}^p \geq [N_{\max}];$$

де $[N_{\min}]$ і $[N_{\max}]$ - табличні значення граничних натягів посадки за ГОСТ 25347-82.

Якщо на кресленні шорсткість проставлена в Ra , то перерахунок з Ra до Rz виконують за формулою:

$$Rz = k \cdot Ra,$$

де $k = 4$ для $Ra = 80 \dots 2,5$ мкм, $k = 5$ для $Ra = 1,25 \dots 0,02$ мкм.

За поздовжнього запресовування визначається необхідне зусилля для запресовування деталей за формулою [4]

$$R_{\Pi} = f_{\Pi} \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot D \cdot l, \quad (4.12)$$

де f_{Π} – коефіцієнт тертя під час запресовування, $f_{\Pi} = (1,15 \div 1,2) \cdot f$. Залежно від виду навантаження за f береться: f_1 – коефіцієнт тертя за осьового зміщення деталей; f_2 – коефіцієнт тертя за відносного обертання деталей або f – коефіцієнт тертя за сталого процесу розпресовування або провертання; p_{\max} – питомий тиск за максимального натягу в посадці.

Питомий тиск p_{\max} за максимального натягу в посадці – $[N_{\max}]$, визначається за формулою

$$p_{\max} = \frac{[N_{\max}] - 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2)}{D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}. \quad (4.13)$$

За складання з нагрівом охоплюючої деталі, визначається температура t_D (°C), до якої вона повинна бути нагріта:

$$t_D \approx \frac{N_{\max} + S_{\text{скл}}}{\alpha \cdot D} + t_{\text{скл}}. \quad (4.14)$$

За складання з охолодженням охоплюючої деталі, визначається температура t_d (°C), до якої вона повинна бути охолоджена:

$$t_d \approx t_{\text{скл}} - \frac{N_{\max} + S_{\text{скл}}}{\alpha \cdot D}, \quad (4.15)$$

де $t_{\text{скл}}$ – температура приміщення, де складають з'єднання (приймати $t_{\text{скл}} = 20$ °C); $S_{\text{скл}}$ – мінімально необхідний зазор під час складання (мм), який залежить від маси, розмірів деталей та пристосувань, що застосовуються (часто $S_{\text{скл}}$ прирівнюється до S_{\min} в посадках H/g , причому переважною є посадка $H7/g6$); α – коефіцієнт лінійного розширення (стискання) під час нагрівання (охолодження).

Приклад 4.1. Розрахувати та вибрати посадку з натягом за ГОСТ 25347-82, визначити необхідне зусилля запресовування, побудувати схему полів допусків вибраної посадки.

Вихідні дані:

- 1) розміри з'єднання: $D = 0,063$ м; $d_1 = 0,01$ м; $d_2 = 0,1$ м; $l = 0,04$ м;
- 2) діюче навантаження: крутний момент $M_{\text{кр}} = 550$ Н·м;
- 3) матеріали деталей: втулка – сталь 40; вал – чавун СЧ-30;
- 4) шорсткість спряжених поверхонь: втулки – $Rz_1 = 3,2$ мкм; вала – $Rz_2 = 3,2$ мкм;
- 5) спосіб складання: складання під пресом.

Розрахунок:

1. Визначаються необхідні довідкові дані:

- модулі пружності (табл. Г.1): для сталі $E_1 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; для чавуну $E_2 = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$;
- коефіцієнти Пуассона (табл. Г.1): для сталі $\mu_1 = 0,3$; для чавуну $\mu_2 = 0,25$;
- коефіцієнт тертя за відносного обертання деталей (табл. Г.2): $f_2 = 0,09$;
- границі плинності матеріалів деталей втулки та вала (табл. Г.3): для сталі $40 - \sigma_T^D = 3,4 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$; для чавуну СЧ-30 – $\sigma_T^d = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$.

2. Визначаються коефіцієнти Ляме:

$$C_1 = \frac{1 + (D/d_2)^2}{1 - (D/d_2)^2} + \mu_1 = \frac{1 + (0,063/0,1)^2}{1 - (0,063/0,1)^2} + 0,3 = 2,62;$$

$$C_2 = \frac{1 + (d_1/D)^2}{1 - (d_1/D)^2} - \mu_2 = \frac{1 + (0,01/0,063)^2}{1 - (0,01/0,063)^2} - 0,25 = 0,8.$$

3. Визначається мінімальний тиск p_{\min} :

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot f_2} = \frac{2 \cdot 550}{\pi \cdot 0,063^2 \cdot 0,04 \cdot 0,09} = 2,45 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

4. Визначається мінімальний натяг:

$$N_{\min} = p_{\min} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) = 2,45 \cdot 10^7 \cdot 0,063 \cdot \left(\frac{2,62}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,8}{1,2 \cdot 10^{11}} \right) \approx \\ \approx 30,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 30,5 \text{ мкм}.$$

5. Визначається мінімально допустимий натяг з урахуванням поправки на змінання мікронерівностей на контактуючих поверхнях деталей:

$$N_{\min}^P = N_{\min} + 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2) = 30,5 + 1,2 \cdot (3,2 + 3,2) \approx 38 \text{ мкм}.$$

6. Визначаються допустимі значення тиску:

- для втулки

$$p_{\text{дон}}^D = 0,58 \cdot \sigma_T^D \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2 \right] = 0,58 \cdot 3,4 \cdot 10^8 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,063}{0,1} \right)^2 \right] \approx 11,89 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

- для вала

$$p_{\text{дон}}^d = 0,58 \cdot \sigma_T^d \cdot \left[1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2 \right] = 0,58 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,01}{0,063} \right)^2 \right] \approx 11,87 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

$$\text{Береться } p_{\max} = 11,87 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2.$$

7. Визначається максимальний натяг:

$$N_{\max} = p_{\max} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) = 11,87 \cdot 10^7 \cdot 0,063 \cdot \left(\frac{2,62}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,8}{1,2 \cdot 10^{11}} \right) \approx \\ \approx 147,8 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 148 \text{ мкм}.$$

8. Визначається максимально допустимий натяг, з урахуванням поправки на змінання мікронерівностей:

$$N_{\max}^P = N_{\max} + 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2) = 148 + 1,2 \cdot (3,2 + 3,2) \approx 156 \text{ мкм}.$$

9. За табл. Г.5 для інтервалу розмірів 50 – 65 мм вибирається посадка, для якої виконуються умови:

$$[N_{\max}] \leq N_{\max}^p = 156 \text{ мкм};$$

$$[N_{\min}] \geq N_{\min}^p = 38 \text{ мкм}.$$

За табл. Г.5 даним умовам задовольняють посадки: $\varnothing 63H7/u7$; $\varnothing 63U8/h7$; $\varnothing 63H8/u8$. Вибираємо посадку в системі отвору з більшими допусками отвору і вала - $\varnothing 63H8/u8$.

10. Визначається зусилля запресування, спочатку визначивши питомий тиск за максимального натягу:

$$p_{\max} = \frac{[N_{\max}] - 1,2(Rz_1 + Rz_2)}{D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{[133 - 1,2(3,2 + 3,2)] \cdot 10^{-6}}{63 \cdot 10^{-3} \left(\frac{2,62}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,8}{1,2 \cdot 10^{11}} \right)} \approx 10,68 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$R_{\Pi} = f_{\Pi} \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot D \cdot l = 0,108 \cdot 10,68 \cdot 10^7 \cdot \pi \cdot 63 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 91 \cdot 10^3 \text{ Н},$$

де коефіцієнт тертя під час запресування $f_{\Pi} = 1,2 \cdot f_2 = 1,2 \cdot 0,09 = 0,108$.

11. Схему полів допусків посадки $\varnothing 63 \frac{H8}{u8}$ наведено на рис. 4.3.

Приклад 4.2 Розрахувати та вибрати посадку з натягом за ГОСТ 25347-82. Визначити температуру нагрівання охоплюючої деталі, побудувати схему полів допусків вибраної посадки.

Вихідні дані:

- 1) розміри з'єднання: $D = 0,05 \text{ м}$; $d_1 = 0$; $d_2 = 0,08 \text{ м}$; $l = 0,025 \text{ м}$;
- 2) діюче навантаження: осьова сила $P = 100 \text{ Н}$;
- 3) матеріали деталей: втулка – сталь 30; вал – латунь ЛА 77-2;
- 4) шорсткість спряжених поверхонь: вала - $Rz_1 = 3,2 \text{ мкм}$; втулки $Rz_2 = 6,3 \text{ мкм}$;
- 5) спосіб складання: складання з попереднім розігрівом охоплюючої деталі;
- 6) температура приміщення для складання $t_{\text{скл}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок:

1. Визначаються необхідні довідкові дані:

- модулі пружності (табл. Г.1): для сталі $E_1 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; для латуні ЛА 77-2 $E_2 = 1,05 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$;
- коефіцієнти Пуассона (табл. Г.1): для сталі $\mu_1 = 0,3$; для латуні $\mu_2 = 0,35$;
- коефіцієнт тертя за осьового зміщення деталей (табл. Г.2): $f_1 = 0,25$;
- границі плинності матеріалів деталей втулки та вала (табл. Г.3): для сталі 30 - $\sigma_T^D = 3 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$; для латуні ЛА-77-2 - $\sigma_T^d = 1,4 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$;
- коефіцієнт лінійного розширення під час нагрівання (табл. Г.4): для сталі 30 - $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

2. Визначаються коефіцієнти Ляме:

$$C_1 = \frac{1 + (D/d_2)^2}{1 - (D/d_2)^2} + \mu_1 = \frac{1 + (0,05/0,08)^2}{1 - (0,05/0,08)^2} + 0,3 = 2,58;$$

$$C_2 = \frac{1 + (d_1/D)^2}{1 - (d_1/D)^2} - \mu_2 = 1 - 0,35 = 0,65.$$

3. Визначається мінімальний тиск p_{\min} :

$$p_{\min} \geq \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l \cdot f_1} = \frac{100}{3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,025 \cdot 0,25} = 1,02 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

4. Визначається мінімальний натяг:

$$N_{\min} = p_{\min} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) = 1,02 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot \left(\frac{2,58}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,65}{1,05 \cdot 10^{11}} \right) \approx \\ \approx 0,97 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 0,1 \text{ мкм}.$$

5. Визначається мінімально допустимий натяг з урахуванням поправки на змінання мікронерівностей на контактуючих поверхнях деталей:

$$N_{\min}^P = N_{\min} + 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2) = 0,1 + 1,2 \cdot (3,2 + 6,3) \approx 12 \text{ мкм}.$$

6. Так як, за умовою, $d_1 = 0$, тобто вал суцільний, визначається допустиме значення тиску тільки для втулки:

$$p_{\text{дон}}^D = 0,58 \sigma_T^D \left[1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2 \right] = 0,58 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,05}{0,08} \right)^2 \right] \approx 1,06 \cdot 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

Приймається $p_{\max} = 1,06 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$.

7. Визначається максимальний натяг:

$$N_{\max} = p_{\max} \cdot D \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) = 1,06 \cdot 10^8 \cdot 0,05 \cdot \left(\frac{2,58}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,65}{1,05 \cdot 10^{11}} \right) \approx \\ \approx 78 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 78 \text{ мкм}.$$

8. Визначається максимально допустимий натяг, з урахуванням поправки на змінання мікронерівностей:

$$N_{\max}^P = N_{\max} + 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2) = 78 + 1,2 \cdot (3,2 + 6,3) \approx 89 \text{ мкм}.$$

9. За табл. Г.5 для інтервалу розмірів 40 – 50 мм вибирається посадка, для якої виконуються умови:

$$[N_{\max}] \leq N_{\max}^P = 89 \text{ мкм}; \\ [N_{\min}] \geq N_{\min}^P = 12 \text{ мкм}.$$

За табл. Г.5 даним умовам задовольняють посадки: $\varnothing 50H6/r5$; $\varnothing 50H6/s5$; $\varnothing 50H7/s6$; $\varnothing 50H7/s7$; $\varnothing 50H7/t6$. З перерахованих посадок призначено посадку $\varnothing 50H7/s6$, яка є переважною (табл. 1.7).

10. Визначається температура нагрівання охоплюючої деталі t_D ($^{\circ}\text{C}$), якщо температура приміщення для складання становить $t_{\text{скл}} = 20$ $^{\circ}\text{C}$:

$$t_D \approx \frac{[N_{\max}] + S_{\text{скл}}}{\alpha \cdot D} + t_{\text{скл}} = \frac{0,059 + 0,009}{12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 50} + 20 = 128$$
 $^{\circ}\text{C}$,

де $S_{\text{скл}}$ прирівняний до S_{\min} в посадці $\varnothing 50H7/g6$ (табл. Г.7) і становить 0,009 мм.

11. Схема полів допусків посадки $\varnothing 50 \frac{H7}{s6}$ показана на рис. 4.4.

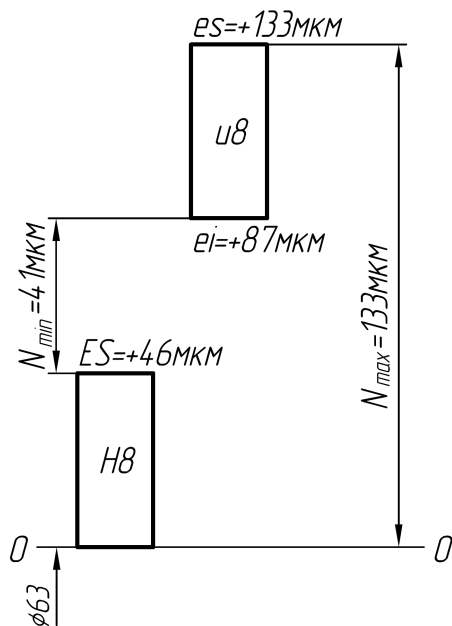


Рис. 4.3 - Схема посадки $\varnothing 63 \frac{H8}{u8}$.

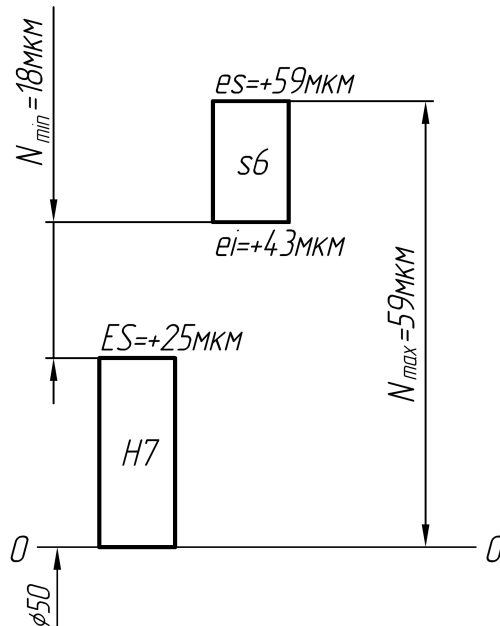


Рис. 4.4 - Схема посадки $\varnothing 50 \frac{H7}{s6}$.

4.2. Вибір посадок з зазором

Основні особливості посадок з зазором:

- Посадки призначені для рухомих з'єднань, а також для нерухомих роз'ємних з'єднань, наприклад, для забезпечення безперешкодного складання деталей. Нерухомість забезпечується додатковими кріпленнями: болтами, гвинтами тощо;
- Посадки з зазором в системі отвору утворюються шляхом з'єднання основного отвору H з валами $a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h$, а в системі вала – шляхом з'єднання основного вала h з отворами $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G$;
- У з'єднанні завжди утворюються зазори ($D_{\min} > d_{\max}$), на схемі полів допусків поле допуску отвору знаходиться вище поля допуску вала;
- Посадки застосовуються в усіх квалітетах, призначених для з'єднань (з 4-го по 12-й).

Застосування посадок з зазором.

В посадках (H/h) найменший зазор дорівнює нулю. Застосовуються переважно для з'єднань з точним centruванням деталей, коли відносне переміщення цих деталей необхідно для установки, перемикання, регулювання, налагодки виробу та його складових частин (з'єднання пінолі з шпинделем (рис. 4.5), швидкозмінні кондукторні втулки, муфти перемикання на направляючій шпонці та інші). Такі посадки з додатковим кріпленням використовують також для нерухомих з'єднань за необхідності частого розбирання (змінні деталі) або в квалітетах, починаючи з 8-го, замість перехідних посадок (центруючі буртики фланців і корпусів, кришки сальників, зірочки тяглових ланцюгів на валах, муфти, шківи на валах, для невідповідальних шарнірів, роликів і т.п.). В окремих випадках такі посадки призначають для з'єднань, в яких рух відбувається хоч і

безперервно, але з низькою швидкістю або невеликою амплітудою (підшипники ковзання ходових гвинтів верстатів, з'єднання шатуна з поршнеvim пальцем і т.п.). Встановлені ці посадки у всьому діапазоні точності (з 4-го по 12-й квалітети). Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H5/h4$, $H6/h5$, $H7/h6$, $H8/h7$, $H8/h8$, $H8/h9$, $H9/h8$, $H9/h9$, $H10/h9$, $H10/h10$, $H11/h11$, $H12/h12$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Посадки (H/g , G/h) характеризуються мінімальним, у порівнянні з іншими посадками, гарантованим зазором (S_{\min}). Застосовуються для плавних, найчастіше зворотньо-поступальних переміщень, допускають повільне обертання за малих навантажень. Встановлені лише в точних квалітетах (з 4-го по 7-й). Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H5/g4$, $H6/h5$, $H7/g6$, $G5/h4$, $G6/h5$, $G7/h6$ (див. табл. 1.7, 1.8).

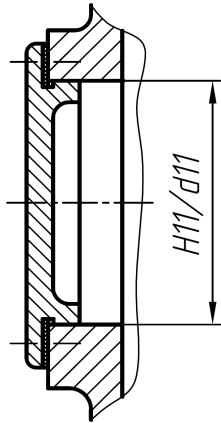
Посадки (H/f , F/h) характеризуються помірним гарантованим зазором. Застосовуються для забезпечення вільного обертання в підшипниках ковзання загального призначення за легких і середніх режимів роботи з швидкостями не більше 150 рад/с, в опорах поступального переміщення, для зубчатих коліс і шківів, що вільно обертаються на валах. Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H7/f7$, $H8/f7$, $H9/f9$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Посадки (H/e , E/h) характеризуються значним гарантованим зазором. Застосовуються для вільного обертального руху в підшипниках ковзання загального призначення за підвищених режимів роботи з швидкостями більше 150 рад/с, а також для компенсації похибок монтажу і деформацій, що виникають під час роботи. Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H7/e8$, $H8/e8$, $H8/e9$, $H9/e8$ (див. табл. 1.7, 1.8).

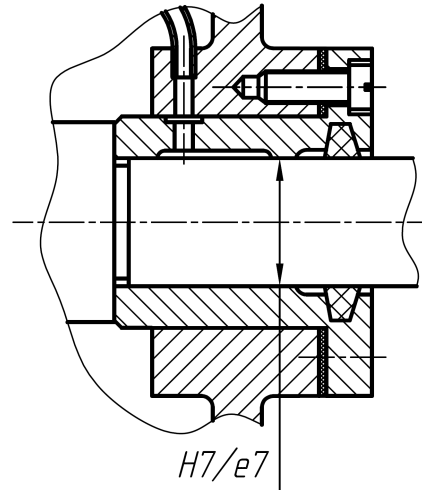
Посадки (H/d , D/h) характеризуються великим гарантованим зазором, який дозволяє компенсувати значні відхилення розташування спряжених поверхонь та температурні деформації, а також забезпечити вільне переміщення деталей або їх регулювання та складання. Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H7/d8$, $H8/d8$, $H8/d9$, $H9/d9$, $H10/d10$, $H11/d11$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Посадки (H/a , H/b , H/c , A/h , B/h , C/h) характеризуються великими гарантованими зазорами та призначенні для з'єднань деталей двигунів внутрішнього згоряння, компресорів, турбін та інших теплових машин, в яких робоча температура різко відрізняється від навколишньої та можливі теплові деформації деталей, коефіцієнти лінійного розширення яких значно відрізняються. Також їх застосовують у конструкціях низької точності, де великі зазори необхідні для компенсації відхилень розташування поверхонь з'єднаних деталей. Рекомендованими в цій групі є посадки $H7/c8$, $H11/a11$, $H11/b11$ (див. табл. 1.7, 1.8).

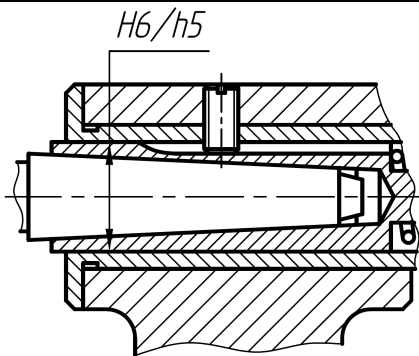
Приклади застосування посадок з зазором показано на рис. 4.5.



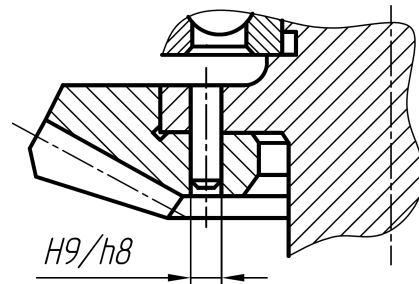
З'єднання кришки з корпусом. Кріпиться кришка до корпусу за допомогою гвинтів. Посадка дозволяє вільно знімати і легко встановлювати кришку в отвір корпусу. Точність з'єднання невисока.



З'єднання підшипника ковзання з валом. Забезпечується рідинне тертя між вкладкою підшипника та цапфою вала. Посадка дозволяє вільне обертання вала за підвищених вимог до точності та довговічності механізму.



З'єднання пінолі з шпинделем. Забезпечується висока точність центрування під час установки. Посадка дозволяє поздовжнє переміщення з невеликою швидкістю.



З'єднання центрального штифта з вінцем конічного зубчастого колеса. Посадка забезпечує вільне входження штифта в отвір під час кріплення вінця до маточини зубчастого колеса.

Рис. 4.5 - Приклади застосування посадок з зазором

Розрахунок посадок з зазором.

Розрахунок посадок із зазором, в основному, виконується для найбільш відповідальних підшипників ковзання транспортних засобів, верстатів, компресорів тощо.

Підшипники слугують опорами для валів та осей, що обертаються. Підшипник ковзання складається з вкладки 1, який встановлюють в корпусі 2 підшипника (рис. 4.6). Всередині вкладки знаходиться опорна ділянка вала – 3. Між вкладкою та валом є зазор, який частково заповнюється мастильним матеріалом 4. Матеріал вкладки повинен мати малий коефіцієнт тертя (це особливо важливо в момент пуску та гальмування) та достатню зносостійкість, причому зносостійкість вкладки має бути нижчою, ніж вала, адже його заміна коштує значно дорожче, ніж вкладки. Вкладки виготовляють з бронзи, чавуну, баббіту, пластмаси та інших матеріалів.

Для реальних підшипників в розрахунках використовують ряд припущень та експериментальних даних. Нижче розглядається спрощений розрахунок

зазорів та вибір посадок для підшипників ковзання з рідинним тертям ковзання [1, 2, 4, 10].

Такі підшипники зберігають рівномірне обертання і довговічність тільки за роботи в умовах рідинного тертя, коли поверхні вала та вкладки підшипника повністю розділяє мастило. Для забезпечення рідинного тертя зазори в підшипниках визначаються базуючись на гідродинамічній теорії змащування.

У стані спокою (механізм не включений) (рис. 4.6, а) вал у підшипнику лежить на нижній твірній втулки, практично повністю витіснивши мастило. З'єднання має максимальний ексцентриситет e_{\max} та максимальний зазор S біля верхньої твірної. Коли вал починає обертатись (рис. 4.6, б), мастило внаслідок в'язкості отримує певну швидкість і нагнітається у клинчасту порожнину між валом і вкладкою. Виникає гідродинамічний тиск, який поступово перевищує навантаження на опору, вал піднімається та зміщується у бік обертання. За усталеного режиму роботи буде тривати насосна дія масляного клину і вал буде плавати у мастилі. Зазор по лінії центрів вала та отвору поділиться на дві частини: h - шар мастила у місці найбільшого зближення поверхонь вала і втулки; $(S - h)$ - решта зазору. Положення вала характеризується абсолютним ексцентриситетом e та відносним ексцентриситетом $\chi = e / 0,5S$.

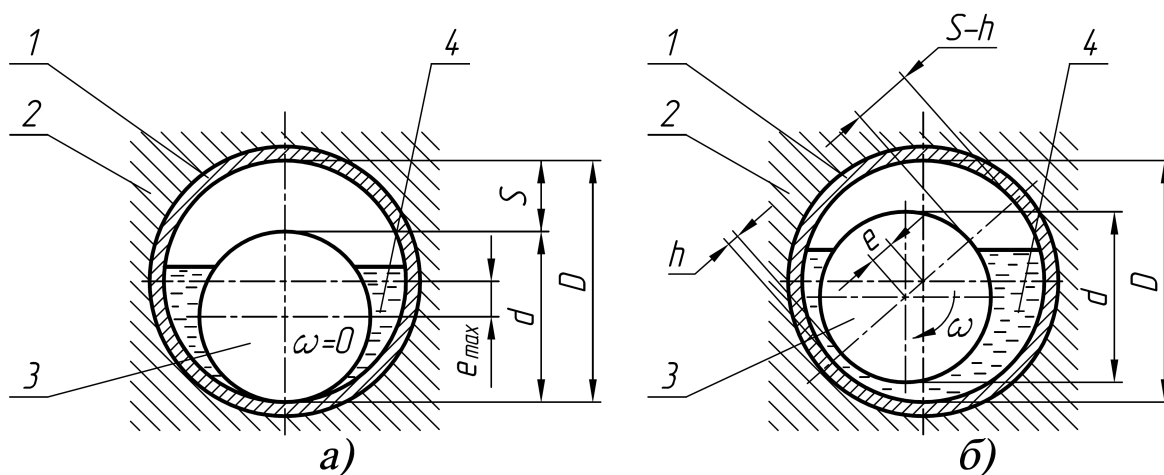


Рис. 4.6 – Схема підшипника ковзання 1 – вкладка; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – мастильний матеріал

Якість, надійність і довговічність роботи підшипника ковзання залежать від товщини шару мастила h , на яку, крім таких умов, як розміри і матеріал деталей, діюче зусилля, швидкість обертання, температура, марка мастила, режим роботи тощо, впливатиме і зазор S .

Залежність товщини мастильного шару h від зазору S (рис. 4.7) показує, що для кожного з'єднання є оптимальне значення S_{opt} , за якого товщина шару найбільша h_{\max} , відповідно найменші втрати на тертя та найбільша надійність. Певному значенню товщини мастильного шару відповідають два зазори. Так, товщина мастильного шару $[h_{\min}]$ встановлюється за $[S_{\min}]$ та $[S_{\max}]$ і всередині цього інтервалу зазорів існуватиме надійне спливання вала.

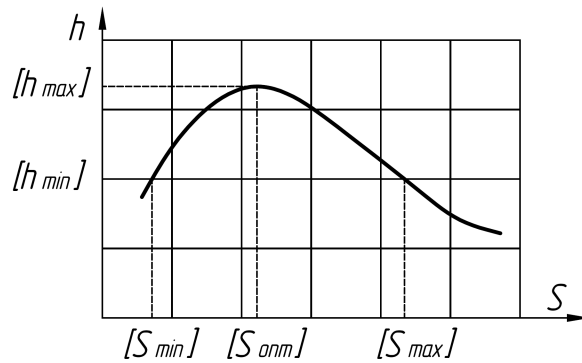


Рис. 4.7 – Залежність товщини шару мастила h від величини зазору S

Розрахунок посадки полягає у визначенні інтервалу зазорів - мінімального $[S_{\min}]$ та максимального $[S_{\max}]$ допустимих зазорів, який забезпечить утворення допустимої мінімальної товщини шару мастила $[h_{\min}]$.

Для забезпечення рідинного тертя необхідно, щоб під час роботи підшипника мікронерівності вала і втулки не торкалися [10]:

$$[h_{\min}] \geq k(Rz_d + Rz_D + \Delta_D) \cong k(4 \cdot Ra_d + 4 \cdot Ra_D + \Delta_D) \quad (4.16)$$

де Rz_d , Rz_D - висота мікронерівностей поверхонь вала та втулки підшипника за параметром Rz , Ra_d , Ra_D - висота мікронерівностей поверхонь вала та вкладки за параметром Ra ; k - коефіцієнт запасу надійності по товщині шару мастила, який враховує похибки виготовлення, силову та температурну деформації, відхилення розрахункових умов від експлуатаційних та інші фактори, $k \geq 2$; Δ_D - добавка у мікрометрах на нерозривність мастильного шару, $\Delta_D = 2 \div 3$ мкм.

Із гідродинамічної теорії змащування середній питомий тиск для гідродинамічного підшипника визначається, як

$$p = \frac{\mu \cdot \varpi \cdot D^2}{S^2} \cdot C_R \quad (4.17)$$

де μ - динамічна в'язкість мастила за робочої температури підшипника, Н·с/м²;

$\varpi = \frac{\pi \cdot n}{30}$ - кутова швидкість вала; n - частота обертання вала, об/хв.; S -

діаметральний зазор, м; D - номінальний діаметр з'єднання, м; C_R - безрозмірний коефіцієнт навантаження підшипника, який залежить від l/D та χ ; l - довжина підшипника, м; χ - відносний ексцентриситет, який пов'язаний залежністю з h :

$$h = 0,5 \cdot S - e = 0,5 \cdot S \cdot (1 - \chi) \quad (4.18)$$

де e - абсолютний ексцентриситет вала в підшипнику (рис. 4.6, б).

За усталеного режиму роботи положення вала відносно центра осі отвору втулки, яке характеризується абсолютним ексцентриситетом e та відносним ексцентриситетом χ , визначається величиною середнього питомого тиску p

($p = \frac{R}{l \cdot D}$, де R навантаження на підшипник, Н), в'язкістю мастила μ ; кутовою швидкістю вала ϖ та діаметральним зазором S .

Значення S за формулою (4.17) визначається, як:

$$S = D \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \varpi}{p}} \cdot \sqrt{C_R} \quad (4.19)$$

Товщина шару мастила h , з урахуванням формули (4.18), буде:

$$h = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \varpi}{p}} \cdot \sqrt{C_R} \cdot (1 - \chi). \quad (4.20)$$

Залежність між $A = \sqrt{C_R} \cdot (1 - \chi)$ та відносним ексцентриситетом χ для різних співвідношень l/D для половинних підшипників ковзання показана на рис. 4.8.

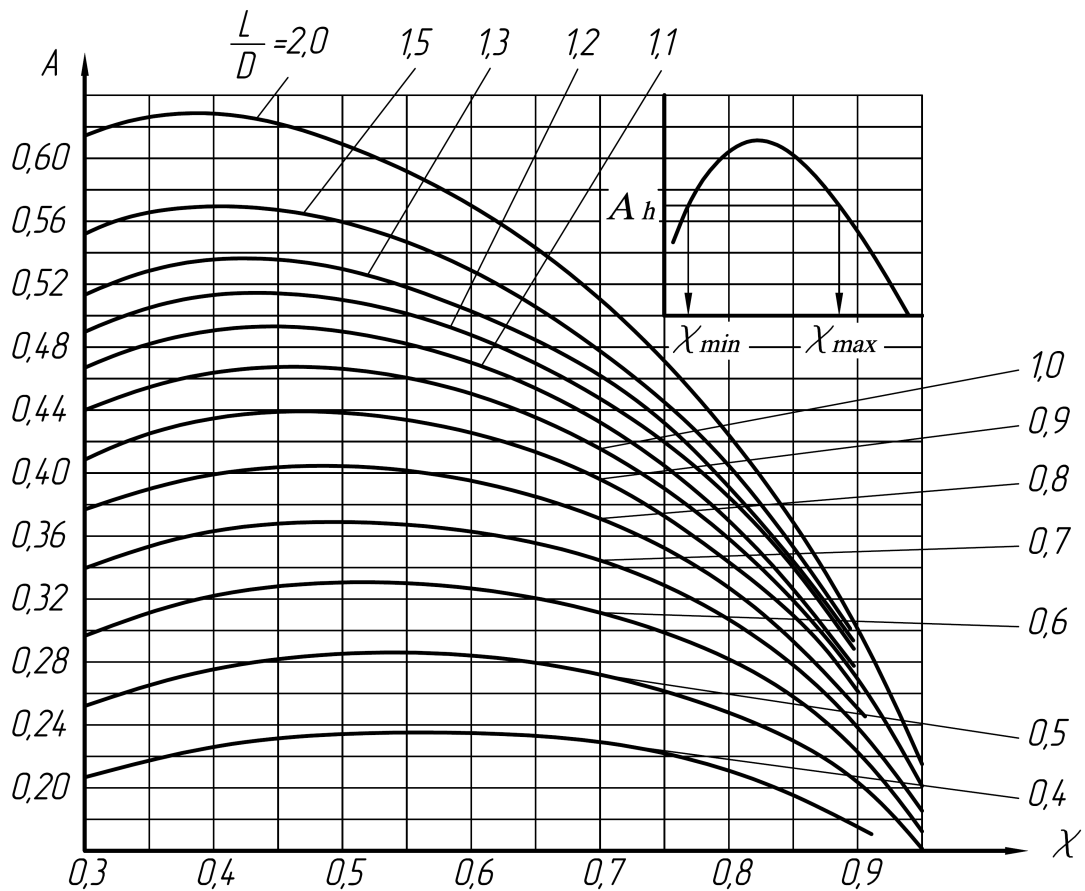


Рис. 4.8 – Залежність величини A від відносного ексцентриситету для половинних підшипників

Визначивши за формулою (4.16) мінімально допустиму величину $[h_{min}]$, можна визначити за формулою (4.20) відповідну величину A_h :

$$A_h = \frac{2[h_{min}]}{D \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \varpi}{p}}} \quad (4.21)$$

Для отриманого значення A_h визначаються за рис. 4.8 значення χ_{min} і χ_{max} . За знайденими значеннями χ_{min} і χ_{max} визначають відповідно мінімальний та максимальний допустимі зазори $[S_{min}]$ і $[S_{max}]$:

$$[S_{\min}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\min}}; \quad \text{та} \quad [S_{\min}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}}. \quad (4.22)$$

Якщо величина χ_{\min} менша за 0,3 (на рис. 4.8 ці значення відсутні), то для визначення $[S_{\min}]$ необхідно:

- визначити за рис. 4.8 значення A_{χ} для заданого співвідношення l/D та $\chi = 0,3$;
- розрахувати мінімально допустимий зазор, як:

$$[S_{\min}] = 2,857[h_{\min}] \frac{A_{\chi}}{A_h}. \quad (4.23)$$

За ГОСТ 25347-82 вибирають посадку із зазором, у якої мінімальний (гарантований) зазор S_{\min} має найближче значення до визначеного $[S_{\min}]$ для інтервалу розмірів, в який входить діаметр з'єднання D і значення допуску посадки T_S найближче до допуску посадки, що визначене з врахуванням коефіцієнту запасу точності на зношування підшипника ковзання $K_3 = 2$ [1]:

$$T_S = \frac{[S_{\max}] - S_{\min}}{K_3}. \quad (4.24)$$

Квалітети отвору і вала визначаються з урахуванням того, що допуск посадки визначається, як:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min}; \quad \text{та} \quad T_S = T_D + T_d.$$

Приклад 4.3. Для підшипника ковзання, що працює в умовах рідинного тертя, вибрати посадку та побудувати схему полів допусків. Підшипник половинний.

Вихідні дані:

- 1) номінальний діаметр з'єднання $D = 0,095$ м;
- 2) довжина підшипника $l = 0,105$ м;
- 3) навантаження на підшипник $R = 12$ кН;
- 4) частота обертання вала $n = 1000$ об/хв;
- 5) марка мастила: індустріальне 30;
- 6) висота мікронерівностей поверхонь вала та втулки: $Ra_d = Ra_D = 1,25$ мкм.

Розрахунок:

1. Визначається середній питомий тиск у підшипнику:

$$p = \frac{R}{l \cdot D} = \frac{12 \cdot 10^3}{0,105 \cdot 0,095} = 1,203 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

2. Визначається кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ рад/с}.$$

3. Визначається мінімальна допустима величина мастильного шару, приймаючи $k = 2$; $\Delta_D = 2$ мкм:

$$[h_{\min}] \cong k(4 \cdot Ra_d + 4 \cdot Ra_D + \Delta_D) = 2(4 \cdot 1,25 + 4 \cdot 1,25 + 2) = 24 \text{ мкм} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

4. Визначається значення величини A_h за $[h_{\min}]$:

$$A_h = \frac{2[h_{\min}]}{D\sqrt{\frac{\mu \cdot \varpi}{P}}} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-6}}{95 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot 104,7}{1,203 \cdot 10^6}}} = 0,342,$$

де $\mu = 25 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ (табл. Г.6).

5. Визначаються значення χ_{\min} та χ_{\max} .

За рис. 4.8 для $l/D = 105/95 = 1,1$ та $A_h = 0,342$ значення χ_{\min} відсутнє, а $\chi_{\max} = 0,83$.

6. Визначається $[S_{\min}]$ і $[S_{\max}]$.

Оскільки величина χ_{\min} на рис. 4.8 відсутня, тобто менша за 0,3, то для розрахунку $[S_{\min}]$ за рис. 4.8 для заданого співвідношення $l/D = 1,1$ та $\chi = 0,3$ визначається значення $A_\chi = 0,465$, яке підставляється в формулу 4.23:

$$[S_{\min}] = 2,857[h_{\min}] \frac{A_\chi}{A_h} = 2,857 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,465}{0,342} = 93,07 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 93,07 \text{ мкм}.$$

Максимальний допустимий зазор визначається, як:

$$[S_{\max}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,83} = 282,35 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 282,3 \text{ мкм}.$$

7. Вибирається посадка. За табл. Г.7 вибирається посадка, у якій мінімальний (гарантований) зазор має найближче значення до $[S_{\min}] \approx 93 \text{ мкм}$. Для інтервалу розмірів 80 – 120 мм найбільш близькою є посадка H/e з $S_{\min} = 72 \text{ мкм}$. Допуск посадки з врахуванням коефіцієнту запасу точності на зношування підшипника ковзання $K_3 = 2$ [1] становить:

$$T_S = \frac{[S_{\max}] - S_{\min}}{K_3} = \frac{282 - 72}{2} = 105 \text{ мкм}.$$

8. Визначаються квалітети для отвору та вала. Відомо, що допуск посадки із зазором визначається, як $T_S = T_d + T_D$. Квалітети вибираються так, щоб сума допусків вала та отвору була близька до 105 мкм.

Найбільше підходить переважна посадка $\varnothing 95 \frac{H8}{e8}$, для якої

$$S_{\max} = 180 \text{ мкм}, \quad S_{\min} = 72 \text{ мкм}.$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 180 - 72 = 108 \text{ мкм}, \quad IT_D = IT_d = 54 \text{ мкм}.$$

9. Будується схема полів допусків посадки (рис. 4.9). За табл. А.2 - А.4 та формулами розділу 1 визначаються:

$$\begin{aligned} ES &= +0,054 \text{ мм}; & es &= -0,072 \text{ мм}; \\ EI &= 0; & ei &= -0,126 \text{ мм}; \\ IT_D &= 0,054 \text{ мм}; & IT_d &= 0,054 \text{ мм}; \end{aligned}$$

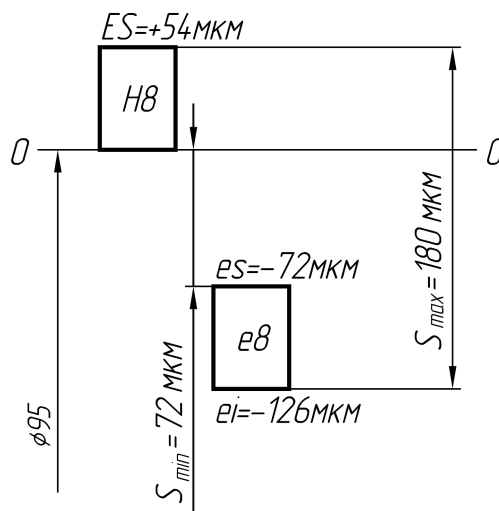


Рис. 4.9 - Схема посадки $\varnothing 95H8/e8$

4.3. Вибір перехідних посадок

Основні особливості перехідних посадок

- Перехідні посадки використовують для нерухомих, але роз'ємних з'єднань.

- Перехідні посадки в системі отвору утворюються шляхом з'єднання основного отвору H з валами js, k, m, n , а в системі вала – шляхом з'єднання основного вала h з отворами JS, K, M, N .

- Застосовують перехідні посадки лише в точних квалітетах: вали в 4-7, отвори в 5-8. Отвір вибирають, як правило, на один квалітет грубішим, ніж вал.

- У з'єднаннях можуть бути отримані як зазори, так і натяги, на схемі полів допусків посадок поля допусків отвору і вала перетинаються.

- Зазори і натяги є невеликими, тому такі посадки можуть відносно легко складатися та розбиратися під час ремонтів.

- Основне призначення перехідних посадок – це забезпечення точності центрування деталей (збіг осей отвору і вала).

- Для передачі крутних моментів чи осьової сили застосовують додаткові кріплення деталей у з'єднаннях шпонками, штифтами, болтами тощо.

Вибір посадок залежить від величини зазорів та натягів, що виникають у з'єднаннях.

Якщо до з'єднання висуваються високі вимоги до точності центрування, а розбирання відбувається рідко (під час капітальних ремонтів), то перевагу надають посадкам з більшим відсотком натягів – $H/n, H/m$.

Якщо вимоги до точності з'єднань відносно невисокі, а розбирання відбувається часто (під час поточних ремонтів, під час налагодження обладнання), то перевагу надають посадкам з більшим відсотком зазорів – $H/js, H/k$.

Застосування перехідних посадок.

Посадки H/js та JS/h характеризуються високою ймовірністю отримання зазору у з'єднаннях, а отримання натягу є малоімовірним. Такі посадки застосовують, якщо під час центрування допускаються невеликі зазори або потрібно забезпечити легке складання, наприклад, для змінних деталей. Переважними та

рекомендованими в цій групі є посадки $H6/js5$, $JS6/h5$, $H7/js6$, $JS7/h6$, та посадки пониженої точності $H8/js7$, $JS8/h7$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Посадки H/k та K/h є найбільш поширеними з перехідних посадок. Ймовірність отримання зазорів та натягів в цих посадках є приблизно однаковою. Такі посадки забезпечують високу точність центрування, і одночасно з'єднання досить легко розбирається під час ремонтів. Переважними та рекомендованими в цій групі є посадки $H6/k5$, $K6/h5$, $H7/k6$, $K7/h6$, та посадки пониженої точності $H8/k7$, $K8/h7$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Посадки H/m та M/h у з'єднаннях дають переважно натяги, ймовірність отримання зазору є невеликою. Такі посадки забезпечують високу точність центрування. Серед цих посадок переважних немає, а є лише рекомендовані - $H7/m6$, $M7/h6$, $H6/m5$, $M6/h5$, $H8/m7$, $M8/h7$ (див. табл. 1.7, 1.8). По можливості, ці посадки замінюють на інші, складені з переважних полів допусків.

Посадки H/n та N/h є найбільш міцними з перехідних посадок. Практично завжди в цих з'єднаннях утворюється натяг. Для складання необхідні значні зусилля або застосування термічних методів. Розбираються такі з'єднання лише під час капітальних ремонтів. Посадки застосовують для забезпечення високої точності центрування в умовах дії значних зусиль, ударів, вібрації. Найчастіше застосовують переважні посадки $H7/n6$, $N7/h6$ а також рекомендовані посадки підвищеної точності $H6/n5$, $N6/h5$ та пониженої точності $H8/n7$, $N8/h7$ (див. табл. 1.7, 1.8).

Приклади застосування посадок наведено на рис. 4.10.

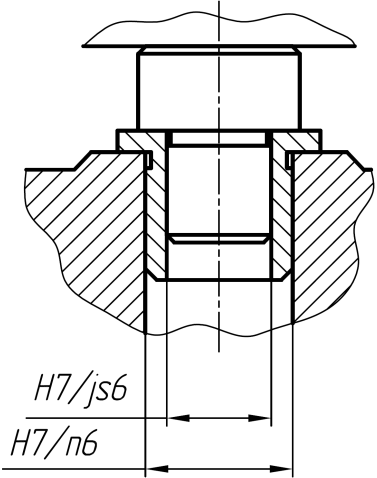
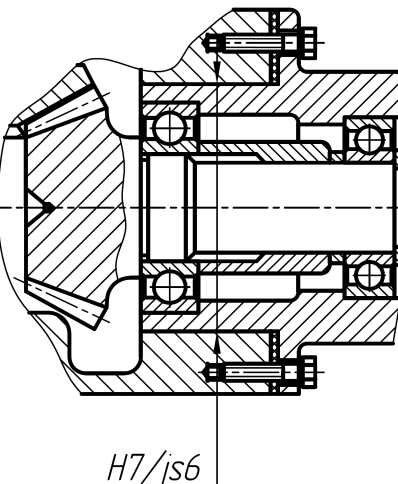
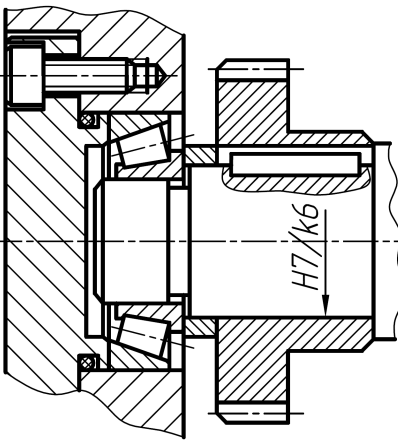
 <p>$H7/js6$ $H7/p6$</p>	 <p>$H7/js6$</p>	 <p>$H7/k6$</p>
<p>З'єднання опори з проміжною втулкою має забезпечити центрування і легке складання та розбирання змінної опори ($H7/js6$).</p> <p>У корпус пристосування для підвищення ремонтпридатності запресовується проміжна втулка із загартованої сталі. Забезпечується центрування та нерухомість з'єднання без додаткового кріплення ($H7/n6$).</p>	<p>З'єднання стакана з корпусом редуктора має забезпечити центрування та можливість осьового переміщення для регулювання положення конічного вала-шестерні ($H7/js6$).</p>	<p>Крутний момент від зубчастого колеса до вала передається за допомогою шпонки. Точність центрування має бути досить високою для забезпечення якісного зачеплення зубчастих коліс. Зубчасте колесо на валу встановлено з можливістю його заміни під час ремонтів. Призначена посадка ($H7/k6$).</p>

Рис.4.10 - Приклади застосування перехідних посадок

Розрахунок перехідних посадок на ймовірність отримання зазорів та натягів.

Вибір посадок залежить від ймовірності отримання зазорів та натягів у з'єднаннях.

Дійсний розмір деталі є *випадковою величиною*, оскільки залежить від багатьох факторів, які викликають його похибки. Це, зокрема:

- *неточність верстата* (биття шпинделя, відхилення від прямолінійності напрямних верстата, супорту, відхилення від співвісності осей шпинделя та заднього центру та ін.);
- *неточність пристосування* (похибки базування, кріплення, ділення та ін.);
- *неточність різального інструменту* (похибки розмірів інструментів, зношення та ін.);
- *неточність заготовки* (неоднорідність припусків, твердості матеріалу та ін.);
- *неточності, викликані процесом різання* (пружні та теплові деформації елементів системи, вібрації та ін.);
- *неточності вимірювання* (похибки засобів та методів вимірювання, похибки оператора та ін.).

Для аналізу випадкових величин застосовують теорію ймовірності та математичну статистику. Основними статистичними параметрами розсіювання розмірів є середній арифметичний розмір, середнє квадратичне відхилення, закон розподілення та ін. [3].

Ймовірністю якої-небудь події x називають відношення числа випадків m , що сприяють цій події, до числа всіх можливих випадків n :

$$P(x) = \frac{m}{n} \quad (4.25)$$

Середнє арифметичне значення параметра сукупності деталей (наприклад, розміру деталі) або *центр групування* визначається, як

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (4.26)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n - дійсні розміри деталей; n - кількість деталей.

Для неперервної функції визначають не середнє арифметичне, а *математичне очікування*:

$$M(x) = \int_{x_1}^{x_2} x y dx, \quad (4.27)$$

де x - поточне значення розміру в інтервалі від x_1 до x_2 ; $y dx$ - ймовірність появи розміру x в інтервалі dx .

Математичне очікування за великої кількості дослідів приблизно дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини.

Середнє квадратичне відхилення випадкової величини (розміру) від центру групування за великої кількості деталей характеризує розсіювання відхилень:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (4.28)$$

де x_i та \bar{x} - поточне та середнє значення випадкової величини.

Для прикладу наведено оброблення вала. Нехай на одному верстаті виготовляється партія валів з n деталей. Якщо розсортувати деталі за розмірами і відкласти по осі ординат їх кількість, а по осі абсцис – дійсний розмір, то отримують гістограму, яка відображає частість попадання розмірів у певний інтервал (рис. 4.11). Як правило, найбільша кількість деталей потрапляє у середню частину інтервалу розмірів. За гістограмою можна провести емпіричну криву розсіювання розмірів деталей у партії. На практиці використовують теоретичні закони розсіювання випадкової величини: нормальний закон розподілення (закон Гауса), закон рівної ймовірності, закон трикутника (Сімпсона) та ін. У разі, коли на випадкову величину діє велика кількість факторів, жодний з яких не є домінуючим, то застосовують *нормальний закон розподілення (закон Гауса)*.

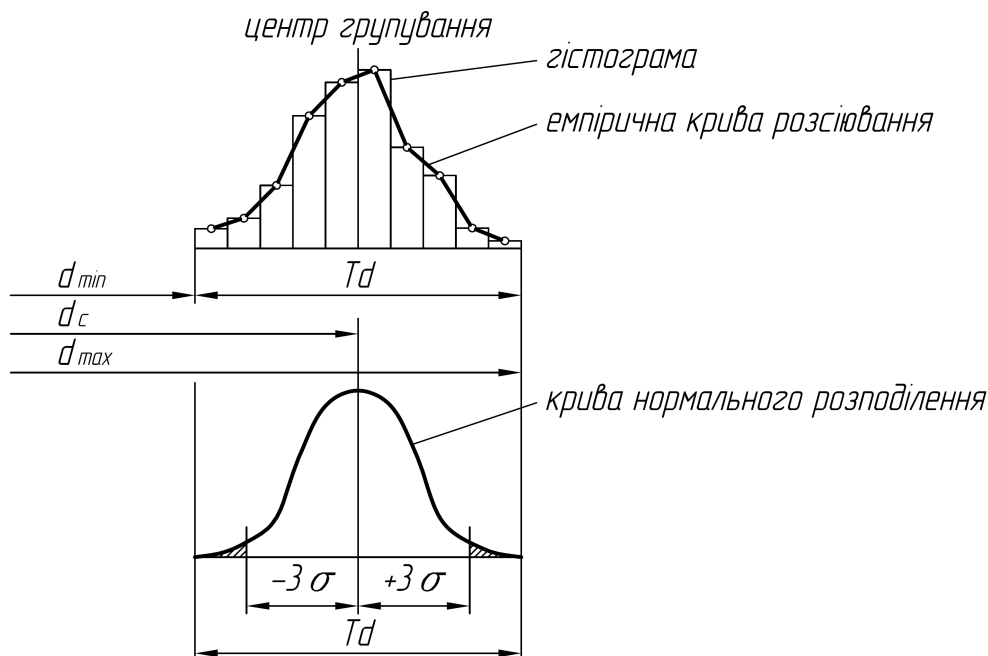


Рис. 4.11 - Характеристики розсіювання випадкової величини (закон Гауса)

Рівняння кривої нормального розподілення (кривої Гауса) записується у вигляді:

$$y = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}}, \quad (4.29)$$

де y - щільність ймовірності випадкової похибки.

Площа, що знаходиться між кривою нормального розподілення і віссю абсцис дорівнює повній сукупності подій, тобто дорівнює одиниці і за умови, коли середнє арифметичне збігається з початком координат, визначається рівнянням:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx. \quad (4.30)$$

Якщо замість x до рівняння ввести коефіцієнт ризику $z = x / \sigma$, то воно набуває вигляду:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz. \quad (4.31)$$

$\Phi(z)$ – це площа, обмежена кривою і віссю абсцис у межах інтегрування від 0 до $+\infty$ і дорівнює 0,5 (крива є симетричною відносно осі ординат). Для від’ємних значень z : $\Phi(-z) = -\Phi(z)$. Функцію $\Phi(z)$ називають *нормованою функцією Лапласа* або інтегральною функцією ймовірності.

Перехід від змінної x до безрозмірної змінної z дозволяє подати інтеграл $\Phi(z)$ в табульованому вигляді (табл. Г.8). Із таблиці видно, що при $z = 3$, що відповідає $x = 3\sigma$, $\Phi(z) = 0,49865$. Це означає, що ймовірність знаходження випадкової величини в інтервалі $\pm 3\sigma$ буде дорівнювати $2 \cdot 0,49865 = 0,9973$ або 99,73 %. За цієї ймовірності вихід величин за межі інтервалу $\pm 3\sigma$ буде складати $1 - 0,9973 = 0,0027$, тобто 0,27 % або 27 випадків з 1000 (заштриховані ділянки на рис. 4.11. Цим значенням зазвичай нехтують і приймають, що практична зона розсіювання розмірів під час обробки складає $\pm 3\sigma$ або 6σ .

За функцією $\Phi(z)$ можна підрахувати ймовірність попадання розмірів у будь-який інтервал між його початковим x_{II} та кінцевим x_K значеннями за формулою:

$$P = \Phi(z_K) - \Phi(z_{II}), \quad (4.32)$$

де $z_{II} = (x_{II} - x_c) / \sigma_x$; $z_K = (x_K - x_c) / \sigma_x$; x_c – середнє значення розміру; σ_x – середнє квадратичне відхилення розмірів.

Під час визначення ймовірності зазорів та натягів приймають, що розміри деталей розподіляються за нормальним законом розподілення, тому розподілення зазорів та натягів також буде відповідати нормальному закону розподілення.

Тоді послідовність розрахунків для визначення ймовірності зазорів та натягів у вибраній посадці може бути наступною [6]:

1. Визначаються характеристики посадки S_{\max} , S_{\min} , S_c , T_D , T_d , T_S (за формулами, наведеним в розділі 1).

2. Визначаються ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори:

$$T_S^{\text{йм}} = 6\sigma_S = \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \quad (4.33)$$

$$S_{\max}^{\text{йм}} = S_c + T_S^{\text{йм}}, \quad (4.34)$$

$$S_{\min}^{\text{йм}} = S_c - T_S^{\text{йм}}. \quad (4.35)$$

3. Визначається середнє квадратичне відхилення зазору за формулою:

$$\sigma_S = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}. \quad (4.36)$$

4. Визначаються границі інтегрування за рівнянням (4.32):

Величина z характеризує відхилення поточного значення зазору S від його середнього значення S_c .

Нижня границя інтегрування z_{II} дорівнює нулю, що відповідає значенню S_c :

$$z_{II} = \frac{S_{II} - S_c}{\sigma_S} = 0 \quad (4.37)$$

Верхня границя інтегрування z_K відповідає значенню $S_K = 0$, і визначається, як:

$$z_K = \frac{S_K - S_c}{\sigma_S} = -\frac{S_c}{\sigma_S} \quad (4.38)$$

5. За табл. Г.8 визначається функція $\Phi(z)$, тобто площа на графіку щільності ймовірності від S_c до S_K або ймовірність отримання зазору в інтервалі від S_c до S_K .

6. Визначається ймовірність зазору та натягу:

$$P_S = 0,5 - \Phi(z), \quad (4.39)$$

$$P_N = 0,5 + \Phi(z). \quad (4.40)$$

Якщо $z < 0$, тобто z є від'ємним, то значення функції у формули підставляється зі своїм знаком.

7. Визначається відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором) та відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом)

$$p_S = P_S \cdot 100\% \quad (4.41)$$

$$p_N = P_N \cdot 100\% \quad (4.42)$$

Приклад 4.4. Розрахувати очікувану під час складання частку з'єднань з зазором (ймовірність зазору) та частку з'єднань з натягом (ймовірність натягу) для посадки $\varnothing 32K7/h6$. Побудувати схему полів допусків посадки.

1. Визначаються параметри посадки:

- верхнє відхилення отвору $ES = + 7$ мкм (табл. А.3);
- допуск отвору: $T_D = 25$ мкм (табл. А.2);
- нижнє відхилення отвору $EI = - 18$ мкм;
- верхнє відхилення вала $es = 0$ (табл. А.4);
- допуск вала: $T_d = 16$ мкм (табл. А.2);
- нижнє відхилення вала $ei = - 16$ мкм;
- допуск посадки $T_S = T_D + T_d = 25 + 16 = 41$ мкм;
- найбільший зазор: $S_{\max} = ES - ei = 7 - (- 16) = 23$ мкм;
- найменший зазор: $S_{\min} = EI - es = - 18 - 0 = - 18$ мкм;
- середній зазор: $S_c = (S_{\max} + S_{\min})/2 = (23 + (- 18))/2 = 2,5$ мкм.

2. Визначаються ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори:

$$T_S^{йм} = 6\sigma_S = \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \sqrt{25^2 + 16^2} = 29,7 \text{ мкм};$$

$$S_{\max}^{\ddot{u}_M} = S_c + \frac{1}{2} T_S^{\ddot{u}_M} = 2,5 + \frac{29,7}{2} = 17,35 \text{ мкм};$$

$$S_{\min}^{\ddot{u}_M} = S_c - \frac{1}{2} T_S^{\ddot{u}_M} = 2,5 - \frac{29,7}{2} = -12,35 \text{ мкм}.$$

3. Визначається середнє квадратичне відхилення зазору:

$$\sigma_S = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{25^2 + 16^2} = 4,95 \text{ мкм}.$$

4. Визначається верхня границя інтегрування z_K за умови, що зазор дорівнює нулю ($S_K=0$):

$$z_K = \frac{S_K - S_c}{\sigma_S} = -\frac{S_c}{\sigma_S} = -\frac{2,5}{4,95} = -0,51.$$

5. За табл. Г.8 знаходиться значення інтегралу ймовірності:

$$\Phi(-0,51) = -0,195.$$

6. Визначається ймовірність зазорів:

$$P_S = 0,5 - \Phi(z) = 0,5 - (-0,195) = 0,695.$$

7. Визначається ймовірність натягів:

$$P_N = 0,5 + \Phi(z) = 0,5 + (-0,195) = 0,305.$$

8. Визначається відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором):

$$p_S = P_S \cdot 100 = 0,695 \cdot 100\% = 69,5\%.$$

9. Визначається відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом):

$$p_N = P_N \cdot 100 = 0,305 \cdot 100\% = 30,5\%.$$

10. Будується схема полів допусків посадки (рис. 4.12) та схема розподілення зазорів та натягів (рис. 4.13).

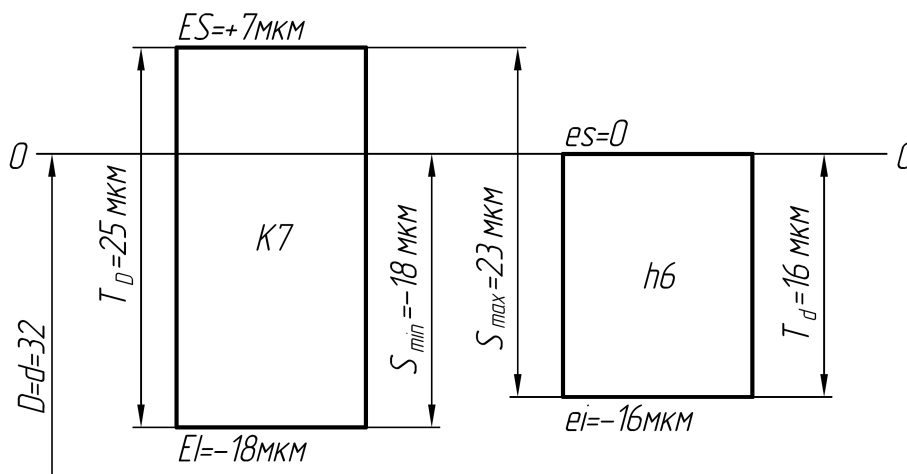


Рис. 4.12 - Схема полів допусків посадки $\varnothing 32K7/h6$

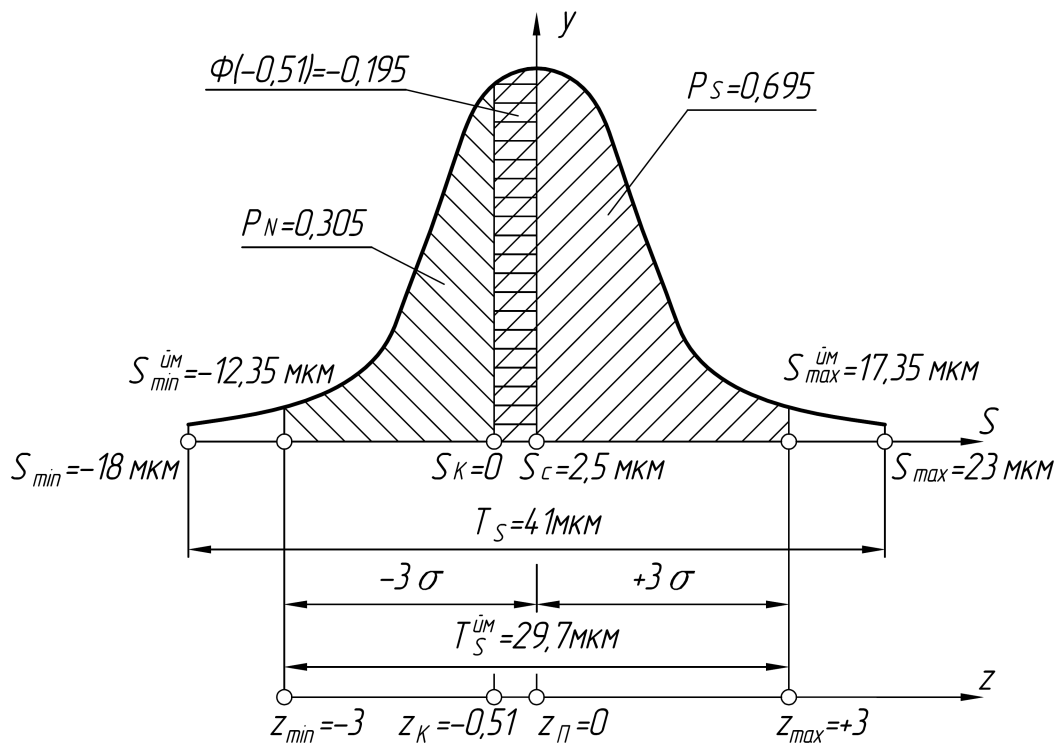


Рис. 4.13 - Характеристики розсіювання зазору в посадці $\varnothing 32K7/h6$

Таким чином, під час складання приблизно 69,5% (695 із 1000 шт.) з'єднань будуть з зазором і 30,5% (305 із 1000 шт.) з'єднань – з натягом.

4.4. Контрольні запитання

1. За якими методами вибирають посадки гладких циліндричних з'єднань? Сутність та недоліки цих методів?
2. Які основні відхилення отворів та валів утворюють посадки з зазором, перехідні та з натягом в системі отвору та в системі валу?
3. В яких квалітетах застосовують посадки з зазором, з натягом та перехідні посадки?
4. Які основні особливості посадок із зазором?
5. Які основні особливості посадок з натягом?
6. Які основні особливості перехідних посадок?
7. Область застосування посадок із зазором. Наведіть приклади.
8. Область застосування посадок з натягом. Наведіть приклади.
9. Область застосування перехідних посадок. Наведіть приклади.
10. Виконання яких умов повинен забезпечити розрахунок посадки з натягом?
11. Яка мета розрахунку посадки з натягом і за якою умовою вибирається стандартна посадка?
12. Як змінюється ймовірність отримання натягів та зазорів у посадках H/js , H/k , H/m , H/n та як це впливає на вибір посадок?

4.5. Контрольні завдання

Завдання 4.1. Розрахувати та вибрати посадку з натягом за ГОСТ 25347-82 (табл. 4.1). Для вибраної посадки, залежно від способу складання, визначити:

необхідне зусилля заpresовування або температуру розігріву отвору чи охолодження валу. Побудувати схему полів допусків посадки.

Таблиця 4.1

Варіанти контрольних завдань 4.1

№	Розміри з'єднання, мм				Діюче навантаження		Матеріали деталей		Шорсткість контактуючих поверхонь, мкм		Спосіб складання
	D	d_1	d_2	l	$M_{кр},$ Н·м	$P,$ кН	Отвір	Вал	Rz_1	Rz_2	
1	80	-	150	120	1200	-	Сталь 30	Сталь 30	6,3	6,3	під пресом
2	220	55	240	110	-	20	Сталь 35	Сталь 35	10,0	6,3	під пресом
3	40	20	120	60	-	16	Сталь 40	Латунь ЛА-77-2	6,3	6,3	під пресом
4	50	20	80	75	350	-	Сталь 45	Чавун СЧ-30	6,3	3,2	під пресом
5	80	-	150	140	1800	-	Сталь 30	Сталь 35	6,3	6,3	під пресом
6	40	-	80	60	185	-	Сталь 35	Сталь 40	6,3	3,2	під пресом
7	50	-	80	75	250	-	Сталь 40	Чавун СЧ-35	6,3	3,2	під пресом
8	80	40	160	160	275	-	Сталь 40	Сталь 30	6,3	6,3	під пресом
9	100	60	240	100	80	60	Сталь 45	Бронза АЖ-9-4	10,0	6,3	під пресом
10	40	-	60	60	250	-	Сталь 30	Сталь 30	6,3	6,3	з розігрівом отвору
11	200	50	240	100	-	22	Сталь 35	Сталь 35	6,3	6,3	з розігрівом отвору
12	32	25	80	35	80	5	Сталь 40	Сталь 40	3,2	3,2	з розігрівом отвору
13	40	25	85	35	18	18	Сталь 45	Сталь 45	6,3	3,2	з розігрівом отвору
14	80	30	220	80	18	6	Бронза АЖ-9-4	Сталь 45	6,3	3,2	з розігрівом отвору
15	200	80	270	100	16	3	Сталь 30	Чавун СЧ-40	10,0	6,3	з розігрівом отвору
16	50	-	80	70	1550	-	Сталь 30	Чавун СЧ-30	6,3	3,2	під пресом
17	50	32	80	40	500	-	Сталь 35	Чавун СЧ-35	3,2	3,2	під пресом
18	56	42	85	71	-	3,4	Сталь 40	Чавун СЧ-40	8,0	5,0	під пресом
19	56	40	80	95	-	3,0	Сталь 45	Чавун СЧ-45	6,3	6,3	під пресом
20	53	34	80	80	-	0,8	Сталь 45	Латунь ЛА-77-2	8,0	6,3	під пресом
21	56	32	85	71	-	1,8	Бронза АЖ-9-4	Сталь 45	5,0	6,3	з розігрівом отвору
22	50	-	100	85	-	4,0	Сталь 30	Чавун СЧ-45	8,0	12,5	під пресом
23	45	-	90	71	-	2,5	Сталь 35	Чавун СЧ-40	5,0	6,3	під пресом
24	100	36	180	50	-	10	Сталь 40	Чавун СЧ-35	3,2	3,2	з розігрівом отвору
25	200	160	240	50	-	15	Сталь 30	Сталь 30	8,0	3,2	під пресом
26	200	160	260	80	500	1,5	Сталь 35	Сталь 35	8,0	6,3	під пресом
27	220	100	260	100	1200	-	Сталь 40	Бронза АЖ-9-4	6,3	3,2	під пресом
28	20	-	50	30	200	0,5	Сталь 45	Сталь 35	6,3	6,3	під пресом
29	8	-	20	20	-	0,05	Сталь 35	Чавун СЧ-40	5,0	3,2	з розігрівом отвору
30	16	-	30	20	100	-	Сталь 35	Латунь ЛА-77-2	6,3	6,3	під пресом
31	250	180	320	100	-	20	Сталь 40	Бронза АЖ-9-4	3,2	3,2	під пресом
32	200	100	320	80	-	18	Сталь 30	Бронза АЖ-9-4	3,2	5,0	з охолодженням вала
33	8	-	50	25	10	0,05	Сталь 45	Бронза АЖ-9-4	3,2	3,2	з охолодженням вала
34	100	45	180	70	850	-	Сталь 35	Латунь ЛА-77-2	5,0	5,0	під пресом
35	100	30	180	100	-	16	Сталь 35	Латунь ЛА-77-2	3,2	5,0	з охолодженням вала
36	16	-	25	40	-	8	Сталь 30	Сталь 30	1,6	1,6	під пресом
37	81	32	180	60	600	-	Сталь 40	Сталь 40	3,2	1,6	під пресом
38	71	32	150	100	100	1	Сталь 40	Сталь 45	3,2	3,2	з охолодженням вала
39	20	-	50	100	100	-	Сталь 35	Сталь 35	1,6	1,6	з охолодженням вала
40	45	12	80	80	450	-	Сталь 45	Сталь 45	3,2	1,6	під пресом

Завдання 4.2. Розрахувати та підібрати посадку з зазором для підшипника ковзання, що працює в умовах рідинного тертя. Підшипник половинний. Побудувати схему посадки.

Таблиця 4.2

Варіанти контрольних завдань 4.2

№	Основні параметри з'єднання, мм		Діюче навантаження		Характеристика поверхонь деталей, мкм		Марка мастила
	l	D	n , об/хв	R , кН	Ra_d	Ra_D	
1	105	95	1000	12,0	1,25	1,25	Індустріальне 30
2	50	25	1500	2,6	1,25	1,25	Моторне Т
3	55	40	750	4,6	1,6	1,6	Індустріальне 40
4	60	42	1000	1,7	1	1,25	Турбінне 57
5	70	66	2000	2,1	2	1,6	Індустріальне 30
6	50	33	1500	1,5	2,5	1	Індустріальне 50
7	75	61	500	3,5	2	0,8	Індустріальне 30
8	80	90	750	8,0	2	1,6	Турбінне 57
9	85	85	1000	10,5	1,6	1,6	Індустріальне 40
10	90	105	500	10,0	2,5	1,25	Індустріальне 30
11	95	95	750	3,9	2	2,5	Турбінне 22
12	100	110	1000	9,5	2	2,5	Індустріальне 30
13	105	85	750	12,2	2	1,6	Турбінне 46
14	110	100	500	9,5	2	1,25	Індустріальне 30
15	115	71	750	10,0	2,5	1	Індустріальне 50
16	120	85	1000	14,0	2	1,6	Індустріальне 30
17	75	50	1500	7,5	2	1,25	Сепараторне Л
18	130	65	2000	14,5	1,25	1,6	Індустріальне 30
19	135	80	1000	9,9	2,5	1,25	Турбінне 22
20	140	100	1500	25,0	1,25	0,8	Індустріальне 30
21	150	120	500	22,0	1,25	1,25	Турбінне 22
22	105	85	1000	12,5	1,6	0,8	Індустріальне 30
23	50	25	1500	1,6	1,6	1,25	Моторне Т
24	55	28	750	0,8	1,25	1,6	Індустріальне 40
25	60	42	1000	7,2	0,63	1,25	Турбінне 57
26	70	65	2000	7,0	1,25	1,6	Індустріальне 30
27	65	40	1500	2,5	2,5	1	Турбінне 30
28	75	61	500	4,5	2	0,8	Індустріальне 30
29	80	90	750	12,0	2,5	1	Турбінне 57
30	85	85	1000	14,5	1,25	1,25	Турбінне 46
31	90	105	500	2,5	2,5	1,25	Індустріальне 12
32	95	95	750	7,0	2	1,25	Турбінне 22
33	100	110	1000	9,5	2	2,5	Індустріальне 30
34	105	85	750	7,6	2,5	2	Індустріальне 40
35	110	100	500	6,7	2,5	1,25	Індустріальне 30
36	115	71	750	7,5	2,5	1	Турбінне 30
37	120	85	1000	12,0	2	2	Індустріальне 30
38	75	50	1500	5,0	2	1,25	Турбінне 46
39	130	65	2000	8,5	1,6	2	Індустріальне 30
40	135	80	1000	7,5	2,5	2	Турбінне 22

Завдання 4.3. Для заданої перехідної посадки визначити ймовірність натягів і зазорів та побудувати схему посадки та кривої розподілення (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Варіанти контрольних завдань 4.3

Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки	Варіант	Позначення посадки
1	Ø 40H7/js6	11	Ø 25H8/n7	21	Ø 56M6/h5	31	Ø 20H7/k6	41	Ø 12H7/js6
2	Ø 50H7/k6	12	Ø 85JS8/h7	22	Ø 95JS6/h5	32	Ø 25K6/h5	42	Ø 18K7/h6
3	Ø 60H7/m6	13	Ø 45M7/h6	23	Ø 100N8/h7	33	Ø 30H8/js7	43	Ø 25H8/m7
4	Ø 30H7/n6	14	Ø 53H6/m5	24	Ø 110H7/k6	34	Ø 100N6/h5	44	Ø 18K8/h7
5	Ø 20JS7/h6	15	Ø 12N7/h6	25	Ø 16H8/m7	35	Ø 40H6/k5	45	Ø 60M8/h7
6	Ø 25H6/js5	16	Ø 63N7/h6	26	Ø 100H7/m6	36	Ø 50JS6/h5	46	Ø 95JS7/h6
7	Ø 45N6/h5	17	Ø 70K6/h5	27	Ø 110H6/m5	37	Ø 67N8/h7	47	Ø 60M6/h5
8	Ø 50K7/h6	18	Ø 75H8/js7	28	Ø 75H7/m6	38	Ø 19JS8/h7	48	Ø 67M7/h6
9	Ø 36M8/h7	19	Ø 80K8/h7	29	Ø 40N7/h6	39	Ø 20H8/n7	49	Ø 53H7/n6
10	Ø 65JS7/h6	20	Ø 85H8/k7	30	Ø 15H8/k7	40	Ø 75N8/h7	50	Ø 25M6/h5

РОЗДІЛ 5. ДОПУСКИ КУТІВ, КОНУСІВ ТА КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ

5.1. Допуски кутів

Кути та допуски кутів або кутових розмірів регламентуються ГОСТ 8908-81. Встановлено три ряди нормальних кутів (табл. Д.1). Під час вибору розмірів кутів перевагу слід надавати ряду 1 порівняно з рядом 2, і ряду 2 порівняно з рядом 3. Для призматичних деталей (рис. 5.1), крім кутів, наведених в табл. Д.1, допускається використовувати значення ухилів S та відповідних їм кутів, вказаних в табл. Д.2.

Ухил S визначається, як

$$S = \frac{H - h}{L} = \operatorname{tg} \beta,$$

де H , h , L – розміри за схемою (рис. 5.1); β – кут ухилу.

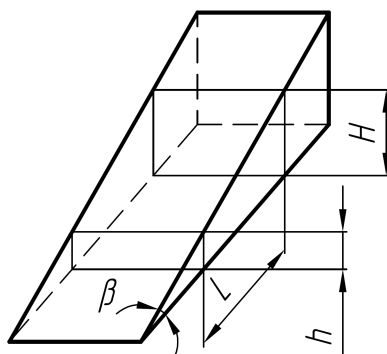


Рис. 5.1 – Схема для визначення ухилу S для призматичних деталей

Значення нормальних кутів поширюються тільки на кутові розміри, які не зв'язані конструктивно з лінійними або іншими кутовими розмірами виробу або які є вихідними для розрахунків. До похідних (розрахункових) значень кутів відносять, наприклад, кути інструментальних конусів, для яких стандартом встановлено конусності і відповідні їм кути відрізняються від нормальних.

Допуск кута AT – різниця між найбільшим α_{\max} та найменшим α_{\min} граничними кутами.

Допуск кута може бути виражений:

- в кутових одиницях - AT_{α} (точне значення в градусному або радіанному вимірах) та AT'_{α} (округлене значення в градусному вимірі) (рис. 5.2, а, б, в);
- відрізком перпендикуляру до сторони кута, яка протилежна куту α на відстані L_l від вершини цього кута - AT_h (рис. 5.2, б, в);
- допуском кута конуса AT_D - допуском на різницю діаметрів у двох поперечних перерізах конуса на заданій відстані між ними і визначеного перпендикулярно до осі конуса (рис. 5.2, а).

Значення AT'_{α} (отримані округленням точних значень AT_{α}) рекомендовано для позначення допусків кутів на кресленнях.

Допуски кутів конусів з конусністю не більше 1:3 призначаються залежно

від номінальної довжини конуса L (рис. 5.2, а), а допуски кутів конусів з конусністю більше 1:3 призначаються залежно від довжини твірної конуса L_1 (рис. 5.2, б). За конусності не більше 1:3 довжина конуса L приблизно приймається рівною довжині твірної L_1 (різниця значень не більше 2%).

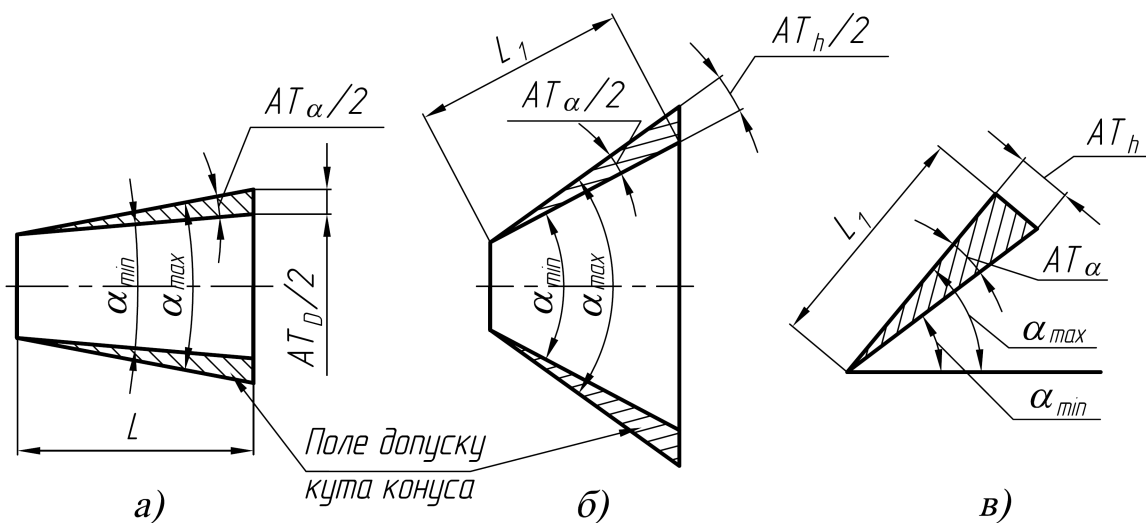


Рис. 5.2 - Допуски кутів конусів (а, б) та призматичних елементів (в)

Допуски кутів призматичних елементів деталей потрібно призначати залежно від номінальної довжини L_1 меншої сторони кута (рис. 5.2, в).

Встановлено 17 ступенів точності допусків кутів: 1, 2 ... 17. За необхідністю, допуски точніше 1-го ступеню точності (ступені точності 0,01) можуть бути отримані послідовним діленням допусків 1-го ступеня точності на коефіцієнт 1,6. На кресленнях допуски кутів позначають сполученням умовного позначення AT і номера відповідного ступеня точності 1,2...17, наприклад $AT1$, $AT2$... $AT17$.

Ступені точності 1-3 застосовують для кутових мір; 4-6 – для кутових розмірів калібрів, виробів особливо високої точності і герметичних вузлів; 7 – для деталей високої точності з підвищеними вимогами до центрування (інструментальні конуси, конічні з'єднання валів із зубчастими колесами); 8-9 – для деталей підвищеної точності, які передають великі крутні моменти (конічні фрикційні муфти); 10-12 – для деталей нормальної точності (центри, центрові отвори); 16-17 – для обмеження кутів не спряжених кутових розмірів і поверхонь.

На відміну від гладких з'єднань, коли зі збільшенням розмірів деталей значення допусків у певному квалітеті збільшуються, для кутових допусків зі збільшенням номінальних значень довжини L або L_1 допуски зменшуються, оскільки зі збільшенням довжини точність базування деталей на верстаті підвищується і похибки виготовлення зменшуються.

Допуски кутів можуть бути односторонніми ($+ AT$ або $- AT$) або симетричними $\left(\pm \frac{AT}{2}\right)$ відносно номінального кута (рис. 5.3). В обґрунтованих випадках допускається застосовувати інше розташування допуску кута.

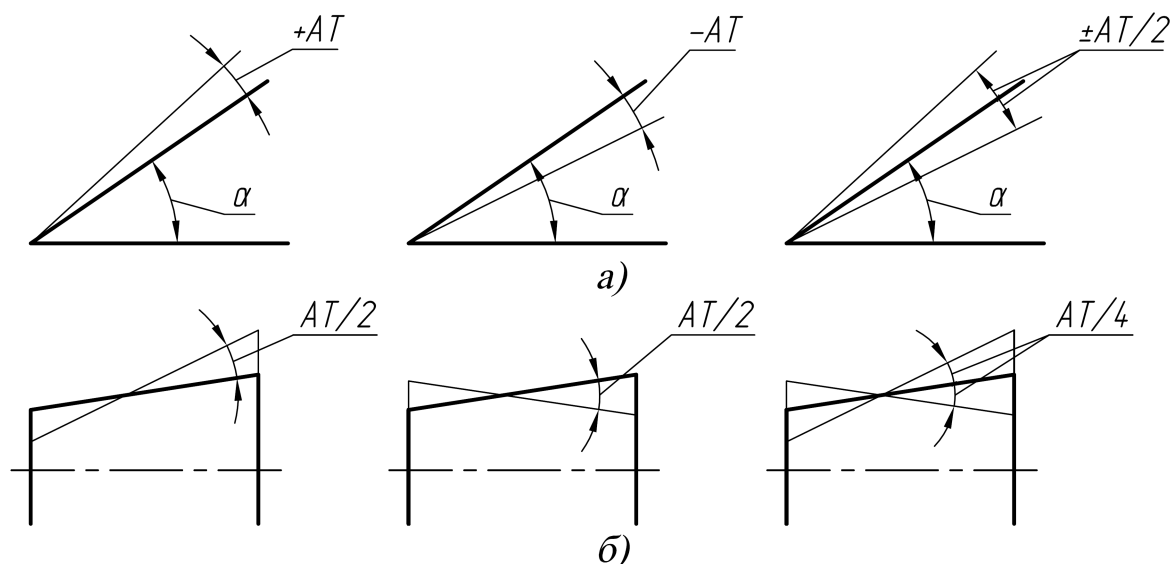


Рис. 5.3 - Розташування поля допуску кута: а) призматичних елементів - додатне (+ AT); від'ємне (- AT); симетричне ($\pm AT$); б) конуса - додатне (+ AT); від'ємне (- AT); симетричне ($\pm AT/2$)

Числові значення допусків кутів наведено в табл. Д.3. Допуски в кутових та лінійних одиницях пов'язані між собою за формулою:

$$AT_h = AT_D \cdot L_1 \cdot 10^{-3},$$

де AT_h – в мікрометрах; AT_α – в мікрорадіанах; L_1 – в міліметрах.

Значення AT_D , які наведені в табл. Д.3, відносяться лише до конусів з конусністю не більше 1:3, для яких $AT_D \approx AT_h$ (різниця не перевищує 2%).

Для конусів з конусністю більше 1:3 значення AT_D визначається за формулою:

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \alpha/2},$$

де α - номінальний кут конуса.

5.2. Допуски конусів

Терміни і визначення для конусів та конічних поверхонь встановлено у ДСТУ 2499-94.

Конус – узагальнений термін, під яким залежно від конкретних умов розуміють конічну поверхню, конічну деталь чи конічний елемент.

Зовнішній конус – конічна деталь чи конічний елемент, що мають конічну зовнішню поверхню. Для визначення параметрів зовнішнього конуса застосовується індекс "e".

Внутрішній конус – конічна деталь чи конічний елемент, що мають конічну внутрішню поверхню. Для визначення параметрів внутрішнього конуса застосовується індекс "i".

Основа конуса – коло, утворене перерізом конуса із площиною, яка перпендикулярна до осі конуса і обмежує його в осьовому напрямку. Та з двох основ

конуса, що має більший діаметр кола називається великою основою конуса, а та, що має менший діаметр кола – малою основою конуса (рис. 5.4).

Діаметр конуса D, d, D_s, d_x – відстань між двома паралельними прямими, дотичними до лінії перерізу конічної поверхні з площиною, перпендикулярною до осі конуса (рис. 5.4).

Залежно від осьового положення січної площини розрізняють:

- діаметр D великої основи конуса;
- діаметр d малої основи конуса;
- діаметр D_s у заданому поперечному перерізі – перерізі, що має задане осьове положення L_s ;
- діаметр d_x у поперечному перерізі з довільним осьовим положенням L_x .

Довжина конуса L – відстань між вершиною і основою конуса чи між основами конуса (рис. 5.4)

Кут конуса α – кут між твірними у поздовжньому перерізі конуса (рис. 5.4).

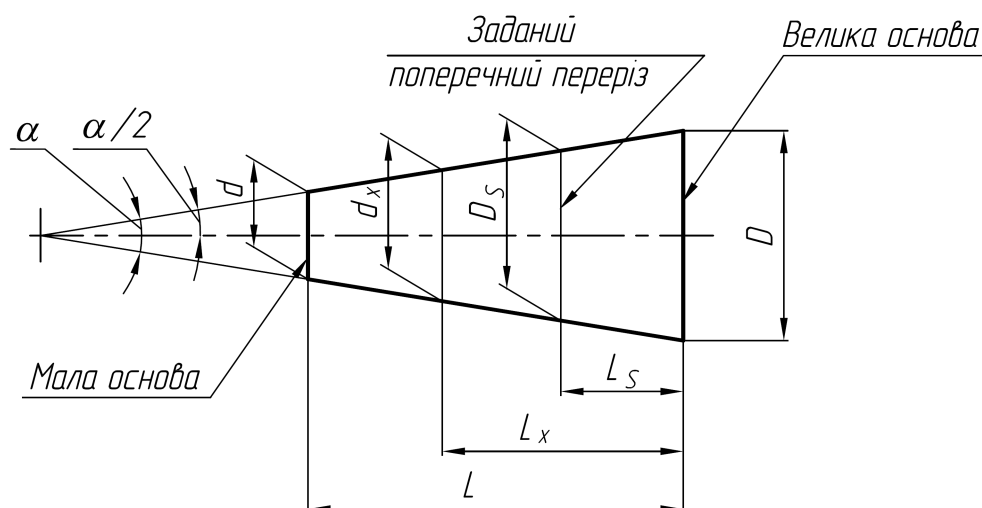


Рис. 5.4 - Основні геометричні параметри конуса

Кут ухилу конуса $\alpha/2$ – кут між твірною та віссю конуса (рис. 5.4) .

Конусність C – відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними.

Конусність може бути визначена як відношення різниці діаметрів великої та малої основ конуса до довжини конуса:

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Конусність часто визначають як відношення $1:x$, де x – відстань між поперечними перерізами конуса в міліметрах, у яких різниця діаметрів дорівнює 1 мм. Наприклад: $C = 1 : 20$.

Конусності та кути конусів встановлено ГОСТ 8593-81 (табл. Д.4).

Номінальний конус – конус, що визначається номінальною поверхнею та номінальними розмірами конуса.

Номінальні розміри конуса - це:

- номінальний діаметр конуса – номінальний діаметр D великої основи чи номінальний діаметр d малої основи, чи номінальний діаметр D_S у заданому поперечному перерізі;
- номінальна довжина конуса L ;
- номінальний кут конуса α чи номінальна конусність C .

Основна площа конуса – площа поперечного перерізу конуса, у якому задається номінальний діаметр конуса (рис. 5.5).

Базова площа конуса – площа, що перпендикулярна до осі конуса і служить для визначення осьового положення цього конуса відносно спряженого з ним конуса (рис. 5.5).

Базова і основна площини конуса можуть збігатися.

Базова відстань конуса Z_e , Z_i – відстань між основною і базовою площинами конуса (рис. 5.5)

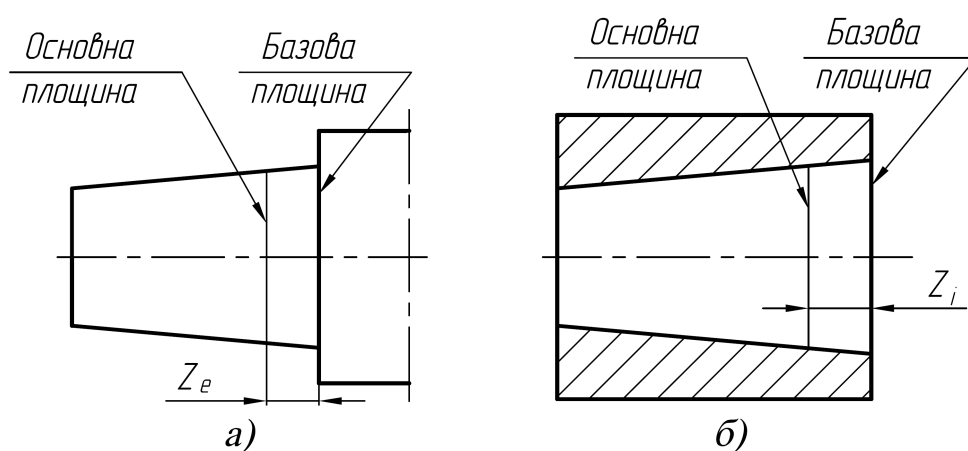


Рис. 5.5 – Базова відстань зовнішнього (а) і внутрішнього (б) конусів

Для конусів встановлено наступні види допусків:

- допуск діаметра конуса в будь-якому перерізі T_D ;
- допуск діаметра конуса в заданому перерізі T_{DS} ;
- допуск кута конуса AT ;

- допуски форми конуса: допуск круглості T_{FR} та допуск прямолінійності твірної T_{FL} .

Допуск діаметра конуса в будь-якому перерізі T_D – різниця граничних діаметрів конуса в одному й тому ж поперечному перерізі, яка є постійною для будь-якого поперечного перерізу в межах довжини конуса (рис. 5.6).

Цей допуск обмежує не тільки відхилення діаметру, але й відхилення кута і форми конуса.

Якщо задається допуск діаметра конуса в будь-якому перерізі T_D , то поле допуску обмежується двома граничними конусами.

Граничні конуси – дві співвісні конічні поверхні номінальної форми з номінальним кутом конуса, між якими повинна розміщатися реальна поверхня конуса (рис. 5.6).

Розрізняють найбільший та найменший граничний конуси, які розміщені відносно один одного в осьовому напрямку таким чином, що в будь-якій площині, перпендикулярній до осі конусів, діаметри найбільшого та найменшого гра-

ничних конусів дорівнюють відповідно найбільшому та найменшому граничним діаметрам конуса у даному поперечному перерізі.

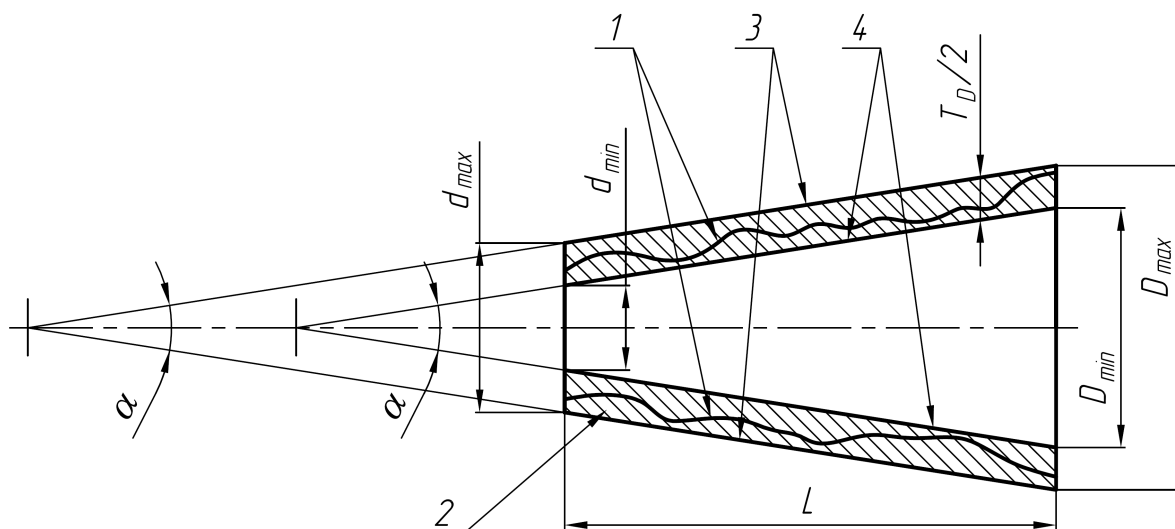


Рис. 5.6 - Схема розміщення допуску T_D діаметра конуса: 1 – реальна поверхня; 2 – поле допуску конуса; 3 – найбільший граничний конус; 4 – найменший граничний конус

Поле допуску конуса – зона в просторі, усередині якої повинні знаходитись усі точки реальної поверхні конуса (рис. 5.6).

Допуск діаметра конуса в заданому перерізі T_{DS} – допуск, що відноситься тільки до діаметра у поперечному перерізі, який має задане осьове положення. Заданий поперечний переріз може збігатися з однією із основ конуса.

Допуски T_D і T_{DS} повинні відповідати ГОСТ 25346-89 (табл. А.2). За обраного квалітету допуск T_D визначається за номінальним діаметром великої основи конуса, а допуск T_{DS} – за номінальним діаметром в заданому перерізі конуса.

Поля допусків діаметрів зовнішніх і внутрішніх конусів встановлено ГОСТ 25307-82 (табл. Д.5).

Вказані поля допусків повинні застосовуватись як за призначення граничних відхилень (допусків) для діаметра в будь-якому перерізі конуса, так і за призначення граничних відхилень (допусків) для діаметра в заданому перерізі конуса. Якщо використання полів допусків за табл. Д.5 не може забезпечити вимоги, які висуваються до виробів, допускається застосування інших полів допусків згідно з ГОСТ 25347-82.

Допуск форми конуса T_{FR} і T_{FL} – допуск, що визначається допуском круглості поперечного перерізу конуса T_{FR} і допуском прямолінійності твірної конуса T_{FL} (рис. 5.7).

Допуск круглості T_{FR} та допуск прямолінійності T_{FL} твірної призначаються:

- за заданого допуску T_D , якщо відхилення форми конуса повинні бути обмежені більш вузькими межами, ніж це можливо за повного використання допуску T_D ;
- за заданого допуску T_{DS} .

Допуски T_{FR} і T_{FL} повинні відповідати ГОСТ 24643-81 (табл. Б.1, Б.2). За обраного ступіня точності допуск T_{FR} (табл. Б.2) визначається за номінальним ді-

аметром більшої основи конуса D , допуск T_{FL} (табл. Б.1) – за номінальною довжиною конуса L .

За обраного ступеня точності допуск T_{FR} визначається за номінальним діаметром великої основи конуса, а допуск T_{FL} – за номінальною довжиною конуса.

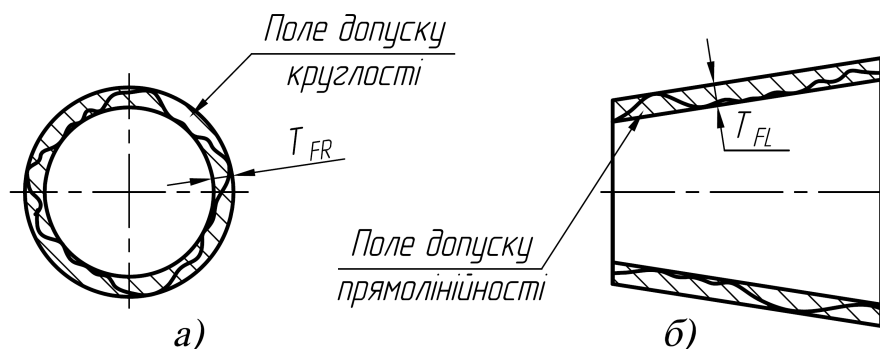


Рис. 5.7 - Допуски форми конуса: а) допуск круглості, б) допуск прямолінійності твірної

Допуск кута конуса AT призначається:

- за заданого допуску T_D , якщо відхилення кута конуса повинні бути обмежені більш вузькими межами, ніж це можливо за повного використання допуску T_D ;
- за заданого допуску T_{DS} .

Якщо задаються окремо допуск діаметра конуса в заданому перерізі T_{DS} , допуск кута конуса AT , допуски круглості поперечного перерізу T_{FR} та прямолінійності твірної конуса T_{FL} , то поле допуску конуса визначають як сукупне сполучення полів зазначених допусків.

Осьове відхилення конуса – осьова відстань між основною площиною і площиною поперечного перерізу розглядуваного конуса (реального, граничного), у якому його діаметр дорівнює номінальному діаметру конуса в основній площині.

Додатні осьові відхилення конуса відраховують від основної площини в бік, протилежний від вершини конуса, а від'ємні – від основної площини до вершини конуса.

Верхнє осьове відхилення конуса es_z , ES_z – осьове відхилення найменшого граничного конуса. Верхнє осьове відхилення конуса визначається нижнім відхиленням діаметра конуса в основній площині (рис. 5.8).

Нижнє осьове відхилення конуса ei_z , EI_z – осьове відхилення найбільшого граничного конуса. Нижнє осьове відхилення конуса визначається верхнім відхиленням діаметра конуса в основній площині (рис. 5.8).

Основне осьове відхилення конуса e_{zmin} , E_{zmin} – осьове відхилення, що відповідає основному відхиленню поля допуску діаметра в основній площині (рис. 5.8, а).

Осьовий допуск конуса T_{ze} , T_{zi} – різниця між верхнім та нижнім осьовим відхиленням конуса (рис. 5.8). Осьовий допуск конуса визначається допуском діаметра конуса в основній площині.

У табл. 5.1 наведено формули для визначення граничних осьових відхилень та осьових допусків конусів в основній площині.

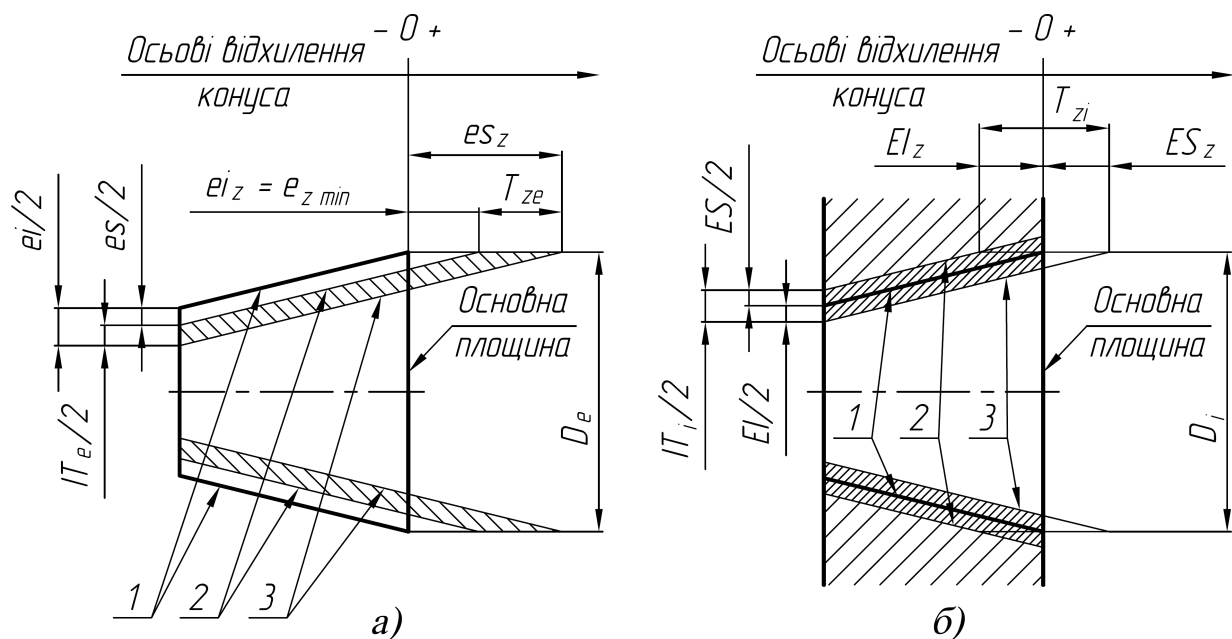


Рис. 5.8 - Осьові відхилення зовнішнього (а) і внутрішнього (б) конуса: 1 – номінальний конус; 2 – найбільший граничний конус; 3 – найменший граничний конус

Таблиця 5.1

Формули для визначення граничних осьових відхилень та осьових допусків конусів (за ГОСТ 25307-82)

Зовнішній конус	Внутрішній конус
Верхні осьові відхилення	
$es_z = -\frac{1}{C} \cdot ei$	$ES_z = -\frac{1}{C} \cdot EI$
Нижні осьові відхилення	
$ei_z = -\frac{1}{C} \cdot es$	$EI_z = -\frac{1}{C} \cdot ES$
Основні осьові відхилення	
$e_{z \min} = -\frac{\text{основне відхилення діаметра}}{C}$	$E_{z \min} = -\frac{\text{основне відхилення діаметра}}{C}$
Осьові допуски	
$T_{ze} = \frac{1}{C} \cdot IT_e$	$T_{zi} = \frac{1}{C} \cdot IT_i$
де ei, EI, es, ES – граничні відхилення діаметрів конусів в основній площині; IT_e, IT_i – допуски діаметрів конусів в основній площині	

5.3. Посадки конічних з'єднань

Система допусків і посадок для конічних з'єднань регламентується ГОСТ 8908-81 та ГОСТ 25307-82.

Конічне з'єднання – з'єднання зовнішнього та внутрішнього конусів, які мають однакові номінальні кути конусів чи однакові номінальні конусності.

Конічне з'єднання характеризується конічною посадкою і базовою відстанню з'єднання.

Конічна посадка – характер конічного з'єднання, який визначається різницею (до складання) діаметрів внутрішнього та зовнішнього конусів у їх поперечних перерізах, які сполучаються після фіксації взаємного осьового положення (рис. 5.9 – 5.12).

Для конічних з'єднань передбачено три типи посадок: із зазором (рухомі), перехідні (щільні), а також із натягом (нерухомі), які забезпечують відповідно рухомі, щільні і нерухомі з'єднання.

У рухомих з'єднаннях між конічними поверхнями вала і отвору є гарантований зазор. Ці з'єднання легко розбирати, регулюючи тим самим зазор. Рухомі з'єднання застосовують у конічних вкладишах підшипників ковзання металорізальних верстатів, у дозуючих і регулюючих пристроях тощо.

У щільних конічних з'єднаннях за рахунок посадок досягають повного прилягання деталей по конічних поверхнях, що забезпечує газо -, паро - та водонепроникність спряження. Якщо герметичність отримують притиранням конічних пар, то це призводить до порушення повної взаємозамінності. У цих випадках взаємозамінність забезпечується лише комплектом притертих деталей. Щільні з'єднання широко застосовують в арматурі (кранах) різного призначення, у клапанах двигунів внутрішнього згорання тощо.

Нерухомі з'єднання забезпечують відносну нерухомість спряжених деталей і можливість передачі крутного моменту. Конічна форма вала і втулки дозволяє легше, ніж для циліндричних деталей, створювати натяг, потрібний для передачі цього моменту. Нерухомі з'єднання застосовують для кріплення металорізальних інструментів, для встановлення конічних штифтів тощо.

Показниками конічного з'єднання є характеристики конічної посадки та базова відстань конічного з'єднання. Характеристики посадок конічних з'єднань аналогічні характеристикам посадок гладких циліндричних з'єднань (розділ 1).

Зазор у конічному з'єднанні S – різниця діаметрів внутрішнього і зовнішнього конусів у поперечних перерізах, що з'єднуються після фіксації їх взаємного осьового положення, якщо відповідний діаметр внутрішнього конуса більший за діаметр зовнішнього конуса (рис. 5.9 – 5.11).

Натяг у конічному з'єднанні N – різниця (до складання) діаметрів зовнішнього і внутрішнього конусів у поперечних перерізах, що з'єднуються після фіксації їх взаємного осьового положення, якщо відповідний діаметр зовнішнього конуса більший за діаметр внутрішнього конуса (рис. 5.9 – 5.12).

Конічна посадка з зазором – посадка, за якої забезпечується зазор після фіксації взаємного осьового положення конусів.

Конічна посадка з натягом – посадка, за якої забезпечується натяг після фіксації взаємного осьового положення конусів.

Перехідна конічна посадка – посадка, за якої можливо одержати як зазор, так і натяг після фіксації взаємного осьового положення конусів.

Для того, щоб отримати посадку в конічному з'єднанні, необхідно зафіксувати відносне розташування зовнішнього та внутрішнього конусів.

Передбачено чотири способи фіксації взаємного осьового положення спряжених конусів:

- 1) шляхом суміщення конструктивних елементів спряжених конусів, коли

деталі під час складання просувують до зіткнення відповідних базових площин (рис. 5.9);

2) шляхом встановлення між базовими площинами спряжених конусів заданої базової відстані Z_{pf} (рис. 5.10);

3) шляхом осевого суміщення спряжених конусів на задану величину E_a від їхнього початкового положення, за яке приймають положення в момент фактичного зіткнення конусів (рис. 5.11);

4) шляхом фіксації положення конічних деталей з'єднання в момент досягнення під час запресовування заданого зусилля F_S (рис. 5.12).

Усі три типи посадок можна одержати двома способами: фіксацією деталей шляхом сполучення конструктивних елементів спряжених конусів (рис. 5.9) і фіксацією деталей по заданій осевій відстані Z_{pf} між базовими площинами спряжених конусів (рис. 5.10).

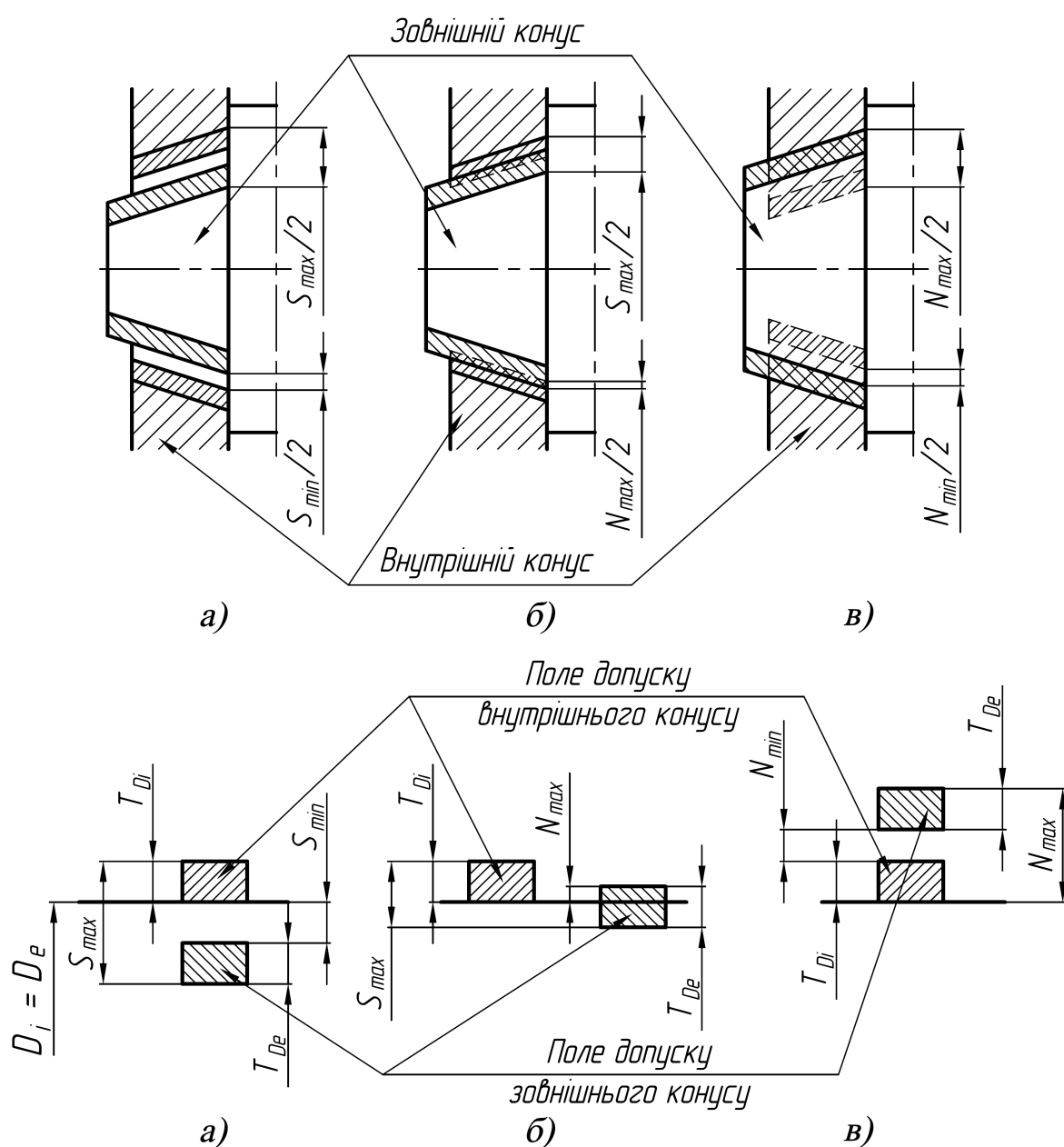


Рис. 5.9 - Фіксація шляхом сполучення конструктивних елементів спряжених конусів: а) посадка з зазором; б) перехідна посадка; в) посадка з натягом

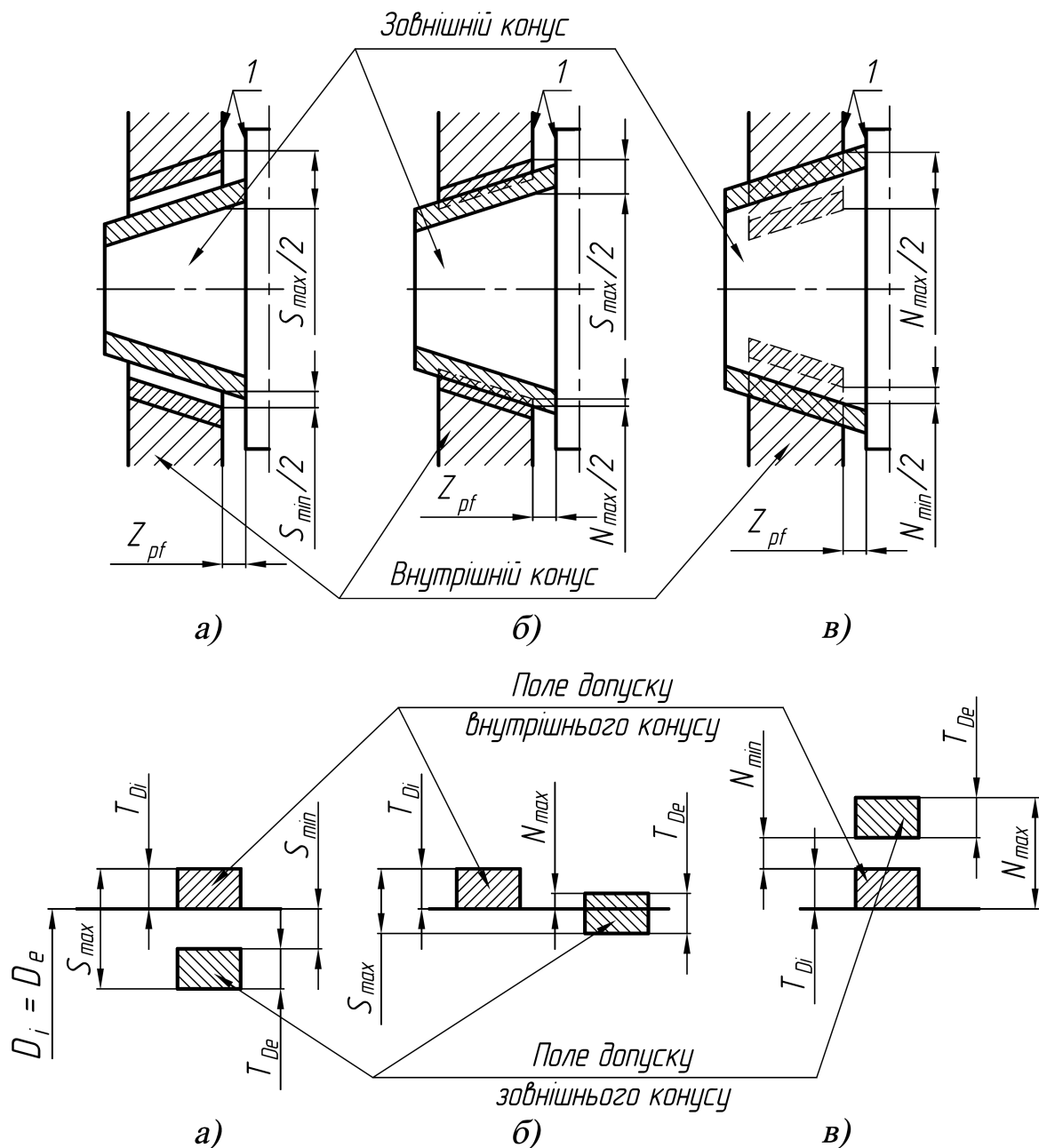


Рис. 5.10 - Фіксація по заданій осьовій відстані Z_{pf} між базовими площинами спряжених конусів: а) посадка з зазором; б) перехідна посадка; в) посадка з натягом; 1 – базові площини

Третій спосіб фіксації - по заданому взаємному осьовому зміщенню спряжених конусів від їхнього початкового положення E_a , можуть забезпечити тільки посадки із зазором і з натягом (рис. 5.11).

Четвертий спосіб фіксації - по заданому осьовому зусиллю запресування F_S , яке діє в початковому положенні спряжених конусів, можуть забезпечити тільки посадки з натягом (рис. 5.12).

Допуск посадки за діаметром конуса – сума допусків діаметрів зовнішнього та внутрішнього конусів.

Цей термін застосовують для посадок з фіксацією шляхом з'єднання конструктивних елементів спряжених конусів чи по заданій осьовій відстанях Z_{pf} між їх базовими площинами

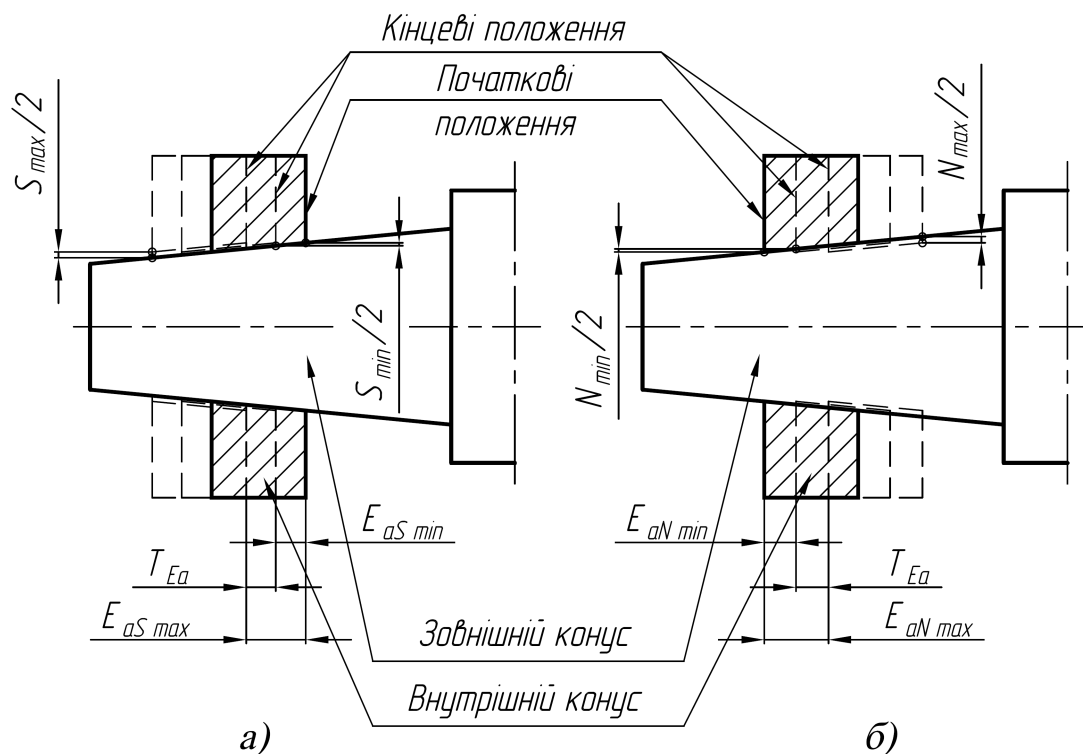


Рис. 5.11 - Фіксація по заданому взаємному осьовому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення E_a : а) посадка з зазором; б) посадка з натягом

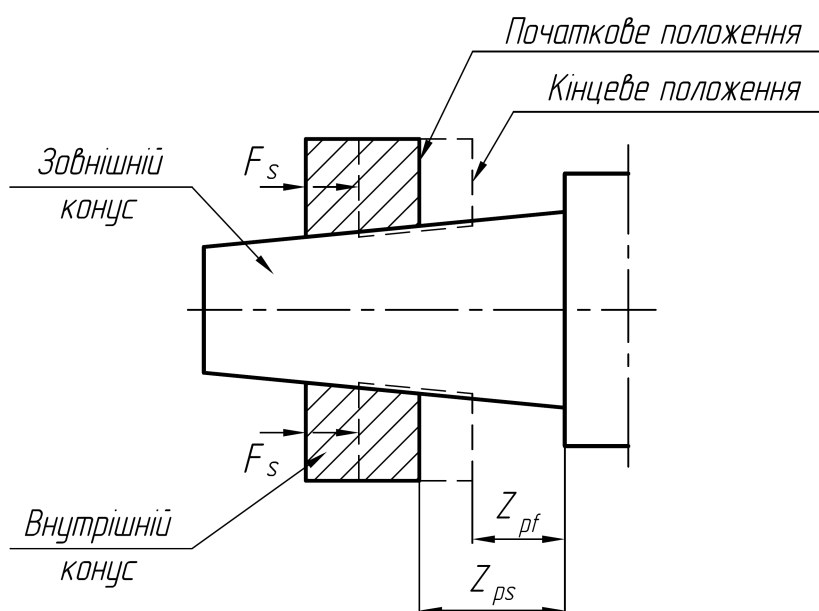


Рис. 5.12 - Фіксація по заданому зусиллю запресування F_s , яке діє в початковому положенні з'єднаних конусів

Допуск посадки за кутом конуса – сума допусків кутів зовнішнього і внутрішнього конусів.

Базова відстань конічного з'єднання Z_p – осьова відстань між базовими площинами зовнішнього і внутрішнього конусів (рис. 5.13).

Початкове положення спряжених конусів P_s – взаємне осьове положення зовнішнього і внутрішнього конусів під час їх стикання без прикладання осьового зусилля.

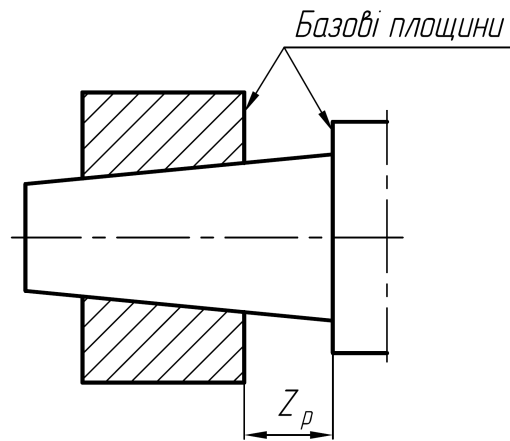


Рис. 5.13 - Базова відстань конічного з'єднання Z_p

Початкова базова відстань конічного з'єднання Z_{ps} – осьова відстань між базовими площинами зовнішнього і внутрішнього конусів у їхньому початковому положенні (рис. 5.12).

Граничні початкові положення спряжених конусів P_{s1} , P_{s2} – початкові положення у з'єднанні найбільшого граничного зовнішнього конуса з найменшим граничним внутрішнім конусом P_{s1} і у з'єднанні найменшого граничного зовнішнього конуса з найбільшим граничним внутрішнім конусом P_{s2} , між якими має знаходитись початкове положення (рис. 5.14).

Граничні початкові базові відстані конічного з'єднання $Z_{ps \max}$, $Z_{ps \min}$ – найбільше та найменше значення, між якими має знаходитись початкова базова відстань конічного з'єднання (рис. 5.14).

Допуск початкового положення спряжених конусів T_{ps} – осьова відстань між граничними початковими положеннями конусів (рис. 5.14).

Допуск початкової базової відстані конічного з'єднання T_{zps} – різниця між найбільшою і найменшою граничними початковими базовими відстанями конічного з'єднання (рис. 5.14):

$$T_{zps} = T_{ps} = Z_{ps \max} - Z_{ps \min}.$$

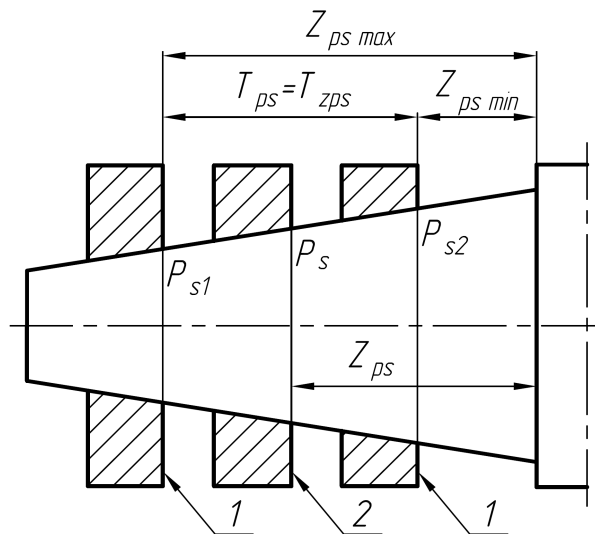


Рис. 5.14 - Визначення допусків початкових положень: 1 – граничне початкове положення; 2 – початкове положення

Кінцеве положення спряжених конусів P_f – взаємне осьове положення зовнішнього і внутрішнього конусів, яке вони займають після досягнення заданого осьового зміщення відносно початкового положення чи після прикладання заданого зусилля запресування (рис. 5.12).

Кінцева базова відстань конічного з'єднання Z_{pf} – осьова відстань між базовими площинами конусів у їх кінцевому положенні (рис. 5.12).

Граничні кінцеві базові відстані конічного з'єднання $Z_{pf \max}$, $Z_{pf \min}$ – найбільше і найменше значення, між якими має знаходитись кінцева базова відстань конічного з'єднання.

Допуск кінцевої базової відстані конічного з'єднання T_{zpf} – різниця між найбільшою і найменшою граничними кінцевими базовими відстанями конічного з'єднання:

$$T_{zpf} = Z_{pf \max} - Z_{pf \min}.$$

Осьове зміщення спряжених конусів E_a – осьова відстань між кінцевим і початковим положенням конусів.

Розрізняють:

- осьове зміщення зазору E_{aS} , що забезпечує зазор у з'єднанні (рис. 5.11, а);
- осьове зміщення натягу E_{aN} , що забезпечує натяг у з'єднанні (рис. 5.11, б).

Граничні осьові зміщення спряжених конусів $E_{a \max}$, $E_{a \min}$ – найбільше і найменше граничні значення, між якими має знаходитись осьове зміщення (рис. 5.11).

Допуск осьового зміщення спряжених конусів T_{Ea} – різниця між найбільшим і найменшим осьовими зміщеннями спряжених конусів (рис. 5.11).

$$T_{Ea} = E_{a \max} - E_{a \min}$$

Довжина конічного з'єднання L_p – довжина, на якій конічні поверхні спряжених конусів перекривають одна одну в осьовому напрямку (рис. 5.15).

Довжина контакту в конічному з'єднанні L_t – довжина прилягання конічних поверхонь спряжених конусів в осьовому напрямку без зазору (рис. 5.15).

На рис. 5.15 показано різні співвідношення між довжинами L_p і L_t залежно від натягу у з'єднанні та відхилень кутів конусів.

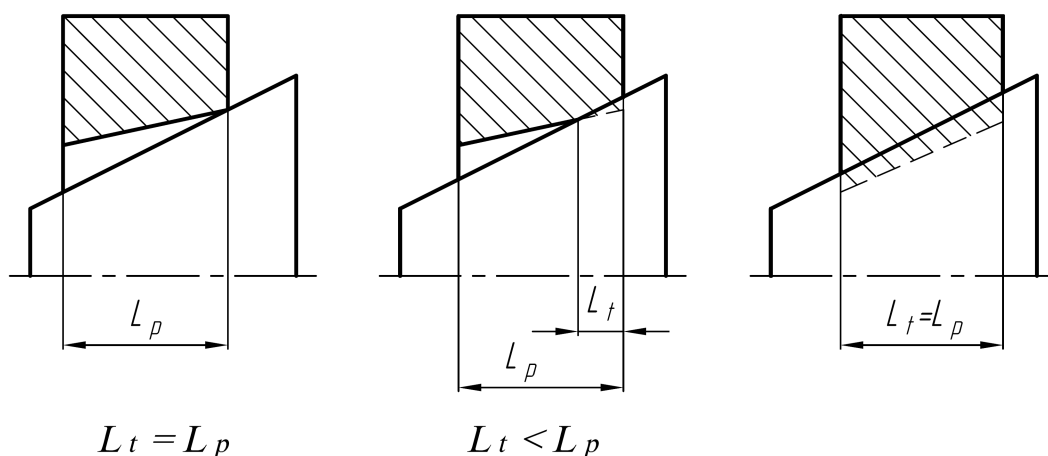


Рис. 5.15 - Довжина конічного з'єднання L_p та довжина контакту в конічному з'єднанні L_t .

Рекомендації з вибору полів допусків та посадок. Встановлено два способи нормування допусків конусів:

Перший спосіб полягає у спільному нормуванні усіх видів допусків шляхом встановлення єдиного допуску T_D діаметра конуса в будь-якому перерізі на довжині, який одночасно обмежує відхилення кута і форми конуса.

За необхідністю допуск T_D може бути доповнений більш вузькими допусками кута і форми конуса; при цьому всі точки реальної поверхні конуса також повинні знаходитись в полі допуску, обмеженому двома граничними конусами.

Цей спосіб нормування рекомендується застосовувати переважно для посадок із фіксацією деталей за конструктивними елементами і заданій осьовій відстані між базовими площинами спряжених конусів. У цих посадках величини зазорів або натягів залежать від граничних відхилень діаметрів з'єднаних конусів. Відхилення кута конуса і його форми впливають на нерівномірність зазорів і натягів, а також на довжину контакту конусів і, за необхідністю, можуть обмежуватись додатковими допусками кута конуса AT і допусками форми конуса T_{FR} і T_{FL} більш вузькими, ніж допуск T_D .

Другий спосіб полягає в окремому нормуванні кожного виду допусків: допуску діаметра конуса в заданому перерізі - T_{DS} (зазвичай в основній площині), допуску кута конуса - AT , допуску круглості - T_{FR} та допуску прямолінійності твірної конуса - T_{FL} .

Цей спосіб рекомендується переважно застосовувати для нормування допусків конусів в посадках з фіксацією по заданому осьовому зміщенню спряжених конусів від їхнього початкового положення або по заданому зусиллю запресовування. Для цих посадок величини зазорів і натягів в основному визначаються умовами складання. На нерівномірність зазорів і натягів впливають тільки допуски кута конуса та його форми, а допуски діаметра впливають на величину базової відстані з'єднання.

Допуски не спряжених конусів рекомендується нормувати за другим способом.

Вибір полів допусків з табл. Ж.5 здійснюється з урахуванням способу фіксації взаємного осевого положення спряжених конусів.

Посадки з фіксацією за конструктивними елементами або за заданою осьовою відстанню між базовими площинами спряжених конусів повинні призначатись в системі отвору. В посадках рекомендується поєднувати поля допусків діаметрів зовнішнього та внутрішнього конусів одного квалітету. В обґрунтованих випадках допускається поєднання полів допусків спряжених конусів різних квалітетів; при цьому рекомендується більший допуск діаметра призначати для внутрішнього конуса, і допуски діаметрів внутрішнього та зовнішнього конусів повинні відрізнятись не більше, ніж на два квалітети.

В посадках з фіксацією за конструктивними елементами або за заданою осьовою відстанню між базовими площинами спряжених конусів слід використовувати поля допусків не грубіше 9-го квалітету з основним відхиленням: для внутрішніх конусів – H , для зовнішніх – будь-яке з тих, що наведено в табл. Д.5.

В посадках з фіксацією по заданому зміщенню спряжених конусів від початкового положення або по заданому зусиллю запресовування потрібно застосовувати поля допусків від 8-го до 12-го квалітетів з основними відхиленнями:

для внутрішніх конусів - H (бажано), J або N , для зовнішніх конусів - h, js або k . В обґрунтованих випадках допускається застосовувати поля допусків точніше 8-го квалітету.

Поля допусків і граничні відхилення діаметрів конусів наведено в табл. Д.5 і Д.6.

В посадках з фіксацією по заданому осьовому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення (рис. 5.6) граничні значення та допуски осьового зміщення визначаються за формулами:

- в посадках із зазором

$$E_{aS \min} = \frac{1}{C} \cdot S_{\min}; \quad E_{aS \max} = \frac{1}{C} \cdot S_{\max};$$

$$T_{Ea} = E_{aS \max} - E_{aS \min} = \frac{1}{C} \cdot T_S; \quad T_S = S_{\max} - S_{\min};$$

- в посадках з натягом

$$E_{aN \min} = \frac{1}{C} \cdot N_{\min}; \quad E_{aN \max} = \frac{1}{C} \cdot N_{\max};$$

$$T_{Es} = E_{aN \max} - E_{aN \min} = \frac{1}{C} \cdot T_N; \quad T_N = N_{\max} - N_{\min}.$$

Значення граничних зазорів чи натягів або приймаються такими, як і в аналогічних посадках циліндричних з'єднань, або визначаються розрахунком чи шляхом випробувань.

Розташування граничних відхилень кутів спряжених конусів також впливають на характер їхнього з'єднання. У з'єднаннях, в яких у початковому положенні необхідно забезпечити контакт біля великих основ конусів, слід призначати односторонні граничні відхилення – для зовнішнього конуса в плюс (+ AT_e), для внутрішнього конуса – в мінус (- AT_i).

У з'єднаннях, в яких у початковому положенні необхідно забезпечити контакт біля малих основ конусів, слід призначати односторонні граничні відхилення – для зовнішнього конуса в мінус (- AT_e), для внутрішнього конуса – в плюс (+ AT_i).

У з'єднаннях, в яких характер контакту в початковому положенні не має значення і важливо лише забезпечити найменші відмінності між кутами спряжених конусів, для зовнішнього і для внутрішнього конусів слід призначати однакове розташування граничних відхилень кутів: або симетричне ($\pm AT_e / 2$ і $\pm AT_i / 2$), або одностороннє, але з однаковими знаками для обох конусів (+ AT_e , + AT_i , або - AT_e , - AT_i).

В ГОСТ 25307-82 наведено співвідношення між допусками діаметра, кута і форми конуса і числові значення найбільших відхилень кута конуса - $\Delta\alpha_{D\max}$ та числові значення найбільших відхилень форми ($\Delta_{FR\max}$, $\Delta_{FL\max}$) можливих за повного використання допуска T_D .

Якщо за заданого допуску T_D необхідно призначити додатково допуск кута конуса AT , то співвідношення між цими допусками повинні задовольняти ряду умов:

- за призначення односторонніх граничних відхилень (+ AT або - AT):

$$AT_D \leq \Delta\alpha_{D\max} = T_D; \quad AT_\alpha \leq \Delta\alpha_{\max} = \left(\frac{T_D}{L} \right) \cdot 10^3;$$

- за призначення симетричних граничних відхилень кута конуса ($\pm AT/2$):

$$\frac{AT_D}{2} < \Delta\alpha_{D\max} = T_D; \quad \frac{AT_\alpha}{2} < \Delta\alpha_{\max} = \left(\frac{T_D}{L}\right) \cdot 10^3.$$

За заданого допуску T_{DS} рекомендується дотримуватись співвідношень:

$$AT_D \leq T_{DS}; \quad AT_\alpha = \left(\frac{T_{DS}}{L}\right) \cdot 10^3;$$

AT_D, T_D, T_{DS} підставляють у мкм; $AT_\alpha, \Delta\alpha$ – у мкрад; L – у мм.

$$T_{FR} \leq 0,5 \cdot T_{DS}; \quad T_{FL} \leq 0,5 \cdot T_{DS}.$$

Значення допусків кутів конуса, які розраховані за наведеними вище формулами, округляють до найближчого меншого значення допуску за ГОСТ 8908-81 (табл. Д.3).

Якщо необхідно призначити і допуск кута (AT_D) і допуск форми конуса (T_{FR}, T_{FL}), то допуски форми визначаються із співвідношень:

- за односторонніх граничних відхилень кута конуса ($+AT_D$ або $-AT_D$):

$$T_{FR} \leq 0,5 \cdot AT_D; \quad T_{FL} \leq 0,5 \cdot AT_D$$

- за симетричних граничних відхилень кута конуса ($\pm AT_D$):

$$T_{FR} \leq 0,25 \cdot AT_D; \quad T_{FL} \leq 0,25 \cdot AT_D.$$

Отримані значення допусків форми конуса округляють до найближчого меншого значення допуску за ГОСТ 24643-81 (табл. Б.1, Б.2).

5.4. Розрахунок граничних базових відстаней конічного з'єднання

Розрахунок граничних початкових базових відстаней.

Розрахунок здійснюється для посадок з фіксацією по заданому осьовому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення або за заданим зусиллям запресування.

Для посадок з фіксацією за конструктивними елементами або за заданою осьовою відстанню між базовими площинами спряжених конусів початкові базові відстані визначають (за необхідністю) тільки для посадок з натягом.

Базові площини – це площини конструктивних елементів, які служать для визначення відносного осьового положення конусів. Відповідно, розташовуватись вони можуть або біля великих основ конусів (рис. 5.16, а) або біля малих основ конусів (рис. 5.16, б).

Призначено допуск T_D . За призначення допуску діаметра конуса в будь-якому перерізі T_D вплив відхилень діаметру і кута спряжених конусів на граничні базові відстані з'єднання оцінюється спільно, а розрахунок здійснюється за відхиленнями граничних конусів.

Формули для розрахунку граничних початкових базових відстаней з'єднання z_{ps} наведено в табл. 5.2.

Для окремих поєднань розташування полів допусків спряжених конусів можливий спрощений розрахунок початкових базових відстаней за осьовими допусками (табл. 5.3).

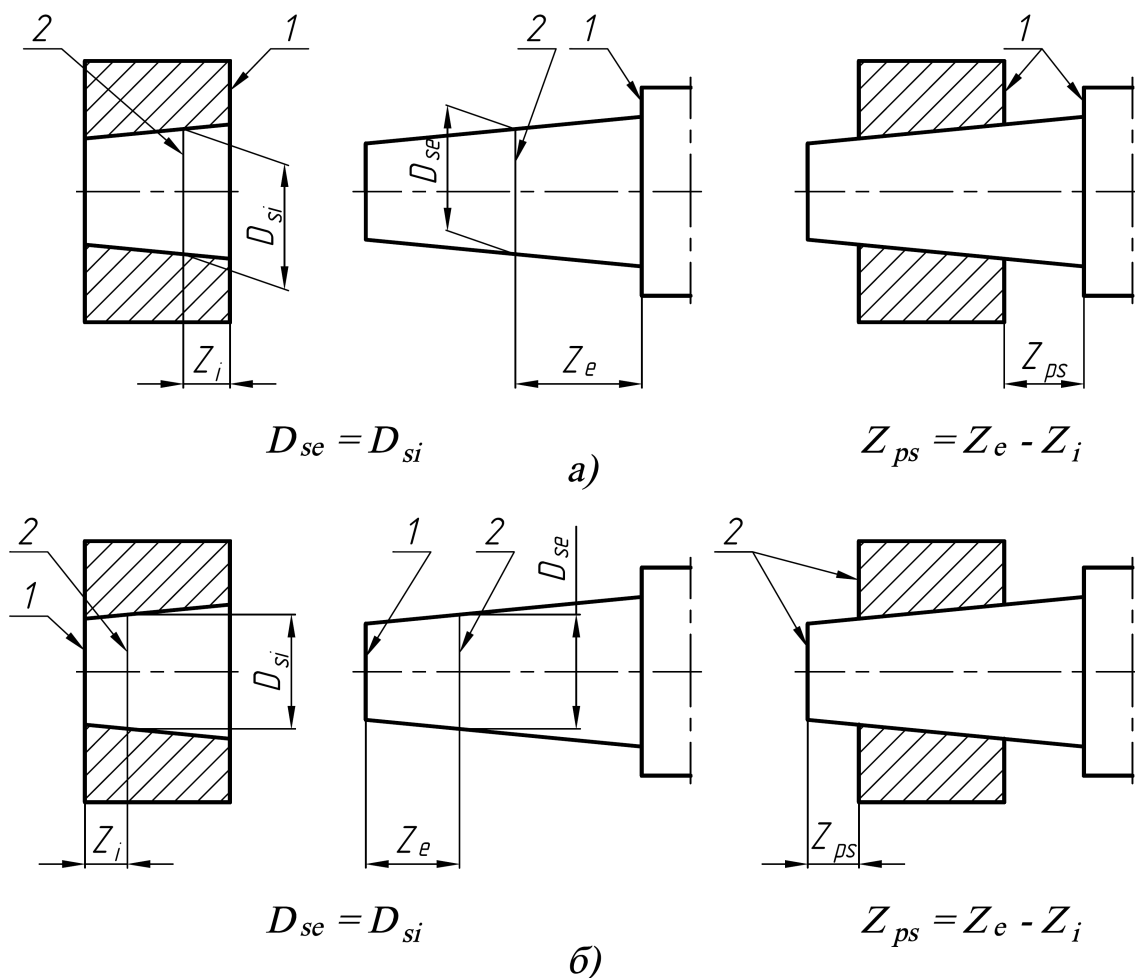


Рис. 5.16 - Розташування базових площин: а) біля великих основ; б) біля малих основ; 1 – базова площина, 2 – основна площина

Таблиця 5.2

Формули для розрахунку граничних початкових базових відстаней конічного з'єднання (за ГОСТ 25307-82)

Вихідні параметри	Розташування базових площин	Формули для розрахунку	
		$Z_{ps \min}$	$Z_{ps \max}$
Граничні відхилення діаметрів конусів	Біля великих основ конусів	$Z_{ps} + \frac{1}{C} \cdot (ei - ES)$	$Z_{ps} + \frac{1}{C} \cdot (es - EI)$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps} + \frac{1}{C} \cdot (EI - es)$	$Z_{ps} + \frac{1}{C} \cdot (ES - ei)$
Граничні осьові відхилення конусів	Біля великих основ конусів	$Z_{ps} + EI_z - es_z$	$Z_{ps} + ES_z - ei_z$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps} + ei_z - ES_z$	$Z_{ps} + es_z - EI_z$

Примітка. $Z_{ps} = Z_e - Z_i$, за умови, що в основних площинах з базовими відстанями Z_e та Z_i номінальні діаметри зовнішнього і внутрішнього конусів однакові.

Формули для розрахунку граничних початкових базових відстаней за осевими допусками спряжених конусів (за ГОСТ 25307-82)

Розташування полів допуску діаметрів спряжених конусів	Розташування базових площин	Формули для розрахунку	
		$Z_{ps \min}$	$Z_{ps \max}$
H/h	Біля великих основ конусів	$Z_{ps} - (T_{ze} + T_{zi})$	Z_{ps}
	Біля малих основ конусів	Z_{ps}	$Z_{ps} + (T_{ze} + T_{zi})$
J_s/j_s	Біля великих основ конусів	$Z_{ps} + \frac{1}{2} \cdot (T_{ze} + T_{zi})$	$Z_{ps} + \frac{1}{2} \cdot (T_{ze} + T_{zi})$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps} - \frac{1}{2} \cdot (T_{ze} + T_{zi})$	$Z_{ps} - \frac{1}{2} \cdot (T_{ze} + T_{zi})$
N/k (для 9 – 12 квалітетів)	Біля великих основ конусів	Z_{ps}	$Z_{ps} + (T_{ze} + T_{zi})$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps} - (T_{ze} + T_{zi})$	Z_{ps}

Призначено допуск T_{DS} . За призначення допуску діаметра конуса у заданому перерізі T_{DS} вплив відхилень діаметру і кута спряжених конусів на граничні базові відстані з'єднання оцінюється окремо.

Вплив відхилень діаметра враховується за формулами табл. 5.2 і 5.3.

Зміна базової відстані, яка викликана відхиленнями кутів спряжених конусів визначається за формулою:

$$\Delta Z_{p\alpha} = N_{\alpha} \cdot \frac{1}{C}$$

За величину N_{α} береться більше з двох значень $N_{\alpha D}$ та $N_{\alpha d}$, що розраховуються за формулами (рис.5.17):

$$N_{\alpha D} = (es_{\alpha} - EI_{\alpha}) \cdot L_s \cdot 10^{-3};$$

$$N_{\alpha d} = (ES_{\alpha} - ei_{\alpha}) \cdot (L_p - L_s) \cdot 10^{-3}.$$

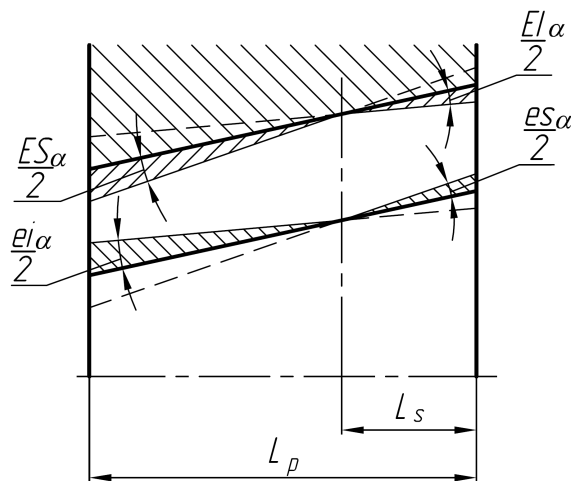


Рис. 5.17 – Пояснення до розрахунку формул $N_{\alpha D}$ та $N_{\alpha d}$.

Значення $\Delta Z_{p\alpha}$ для окремих випадків розташування заданого перерізу і розташування граничних відхилень кутів спряжених конусів наведено в табл.5.4.

Таблиця 5.4

Формули для розрахунку $\Delta Z_{p\alpha}$ (за ГОСТ 25307-82)

Розташування перерізу, в якому задано допуск T_{DS}	Розташування граничних відхилень кута конуса		$\Delta Z_{p\alpha}$
	зовнішнього	внутрішнього	
В площині більшої основи конуса ($L_s = 0$)	$\alpha + AT_e$	$\alpha + AT_i$	0
	$\alpha \pm \frac{AT_e}{2}$	$\alpha \pm \frac{AT_i}{2}$	$\frac{1}{2C}(AT_{\alpha e} + AT_{\alpha i})L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha - AT_e$	$\alpha - AT_i$	$\frac{1}{C}AT_{\alpha e}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha + AT_e$	$\alpha + AT_i$	$\frac{1}{C}AT_{\alpha i}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha + AT_e$	$\alpha \pm \frac{AT_i}{2}$	$\frac{1}{2C}AT_{\alpha i}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha \pm \frac{AT_e}{2}$	$\alpha - AT_i$	$\frac{1}{2C}AT_{\alpha e}L_p \cdot 10^{-3}$
В площині малої основи конуса ($L_s = L_p$)	$\alpha - AT_e$	$\alpha + AT_i$	0
	$\alpha \pm \frac{AT_e}{2}$	$\alpha \pm \frac{AT_i}{2}$	$\frac{1}{2C}(AT_{\alpha e} + AT_{\alpha i})L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha - AT_e$	$\alpha - AT_i$	$\frac{1}{C}AT_{\alpha i}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha + AT_e$	$\alpha + AT_i$	$\frac{1}{C}AT_{\alpha e}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha - AT_e$	$\alpha \pm \frac{AT_i}{2}$	$\frac{1}{2C}AT_{\alpha i}L_p \cdot 10^{-3}$
	$\alpha \pm \frac{AT_e}{2}$	$\alpha + AT_i$	$\frac{1}{2C}AT_{\alpha e}L_p \cdot 10^{-3}$

Примітка. Значення $AT_{\alpha e}$, $AT_{\alpha i}$ – в мкрад, L_p – в мм, $\Delta Z_{p\alpha}$ – в мкм.

Граничні початкові базові відстані з'єднання з урахуванням впливу відхилень кутів визначають за формулами:

- за розташування базових площин біля більших основ конусів (рис.5.16, а):

$$Z_{ps \min}(\alpha) = Z_{ps \min};$$

$$Z_{ps \max}(\alpha) = Z_{ps \max} + \Delta Z_{p\alpha};$$

- за розташування базових площин біля малих основ конусів (рис.5.16, б):

$$Z_{ps \min}(\alpha) = Z_{ps \min} - \Delta Z_{p\alpha};$$

$$Z_{ps \max}(\alpha) = Z_{ps \max} + \Delta Z_{p\alpha}.$$

Значення $Z_{ps \min}$ та $Z_{ps \max}$ розраховуються за формулами табл.5.2 та 5.3.

Розрахунок граничних кінцевих базових відстаней

Для посадок з фіксацією за конструктивними елементами, якщо за базові площини конусів приймаються площини конструктивних елементів, які сполучаються під час фіксації, приймається:

$$Z_{pf \min} = Z_{pf \max} = 0.$$

Для посадок з фіксацією за заданою осьюовою відстанню між базовими площинами спряжених конусів граничні кінчні базові відстані з'єднання задаються умовами складання.

Для посадок з фіксацією по заданому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення граничні кінчні базові відстані з'єднання визначаються за формулами, наведеними в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Формули для розрахунку граничних кінцевих базових відстаней кінцевого з'єднання (за ГОСТ 25307-82)

Вихідні параметри	Розташування базових площин	Формули для розрахунку	
		$Z_{pf \min}$	$Z_{pf \max}$
Осьове зміщення зазору E_{aS}	Біля великих основ конусів	$Z_{ps \min} + E_{aS \min}$	$Z_{ps \max} + E_{aS \max}$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps \min} - E_{aS \min}$	$Z_{ps \max} - E_{aS \min}$
Осьове зміщення натягу E_{aN}	Біля великих основ конусів	$Z_{ps \min} - E_{aN \max}$	$Z_{ps \max} - E_{aN \min}$
	Біля малих основ конусів	$Z_{ps \min} + E_{aN \min}$	$Z_{ps \max} + E_{aN \max}$

Примітка. Значення $Z_{ps \min}$ та $Z_{ps \max}$ розраховуються за формулами, наведеними в табл. 5.2, 5.3.

Для посадок з фіксацією по заданому зусиллю запресування, прикладеному в початковому положенні, визначення граничних кінчних базових відстаней з'єднання можливо за формулами, наведеними в табл. 5.5, якщо відомі (за розрахунками або випробувальними даними) найбільше та найменше осьові зміщення (деформації) спряжених конусів за найбільшого та найменшого заданого зусилля запресування.

Якщо впливом деформації під дією заданих зусиль можна знехтувати, то граничні кінчні базові відстані приймаються такими, що дорівнюють граничним початковим базовим відстаням, наведеними в табл. 5.2 і 5.3.

5.5. Позначення розмірів, допусків та посадок конусів на кресленнях

Правила нанесення розмірів, допусків та посадок конусів встановлено ГОСТ 2.320-82 та ДСТУ ISO 3040:2006.

Номинальні параметри конусів позначають на кресленнях через позначення трьох розмірів або параметрів з шести, а саме: найбільшого діаметра конуса D , найменшого діаметра конуса d , довжини конуса L , кута конуса α , конусності C чи діаметра в заданому поперечному перерізі D_S , що має задане осьове положення L_S . Типові комбінації параметрів і розмірів в позначенні конусів зображено на рис. 5.18, а-д.

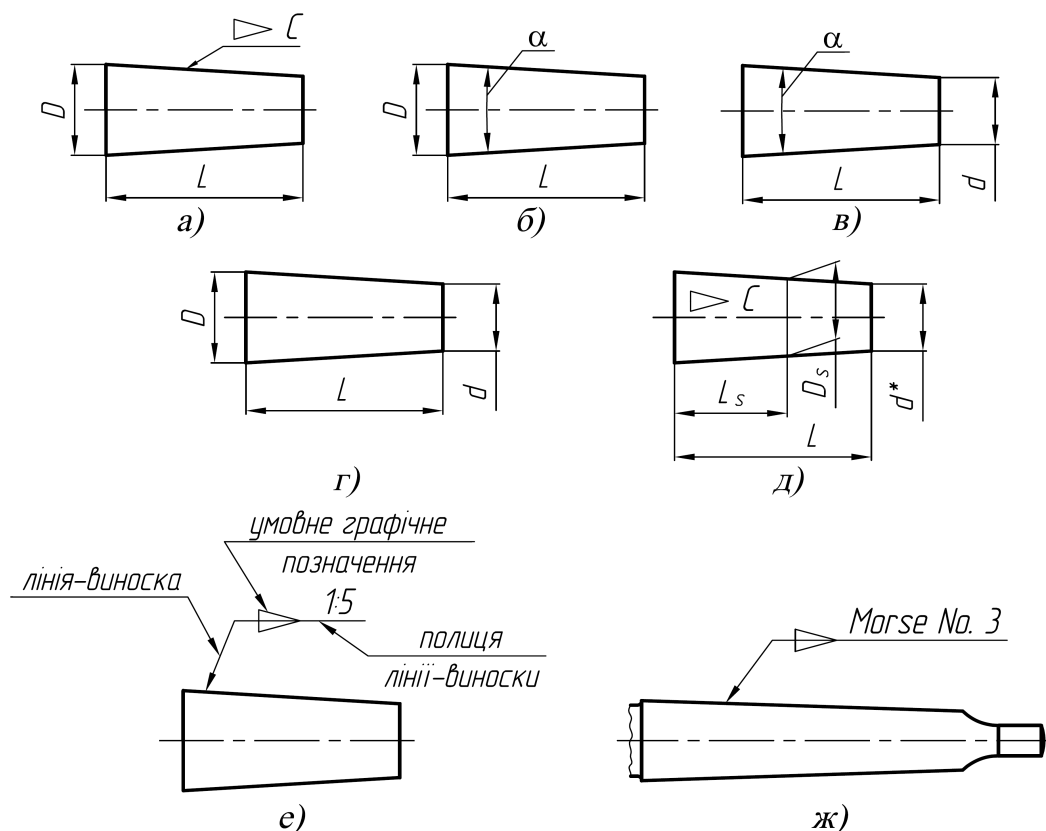


Рис. 5.18 - Позначення розмірів конусів на кресленнях

Допускається вказувати додаткові розміри (із зірочкою), наприклад, розміри для довідок (рис. 5.18, д). Розміри стандартизованих конусів на кресленнях не вказують, а позначають на полиці лінії-виноски умовне позначення за стандартом (рис. 5.18, е, ж).

Граничні відхилення і поля допусків діаметрів конусів вказують на кресленнях відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 та ГОСТ 2.320-82:

- числові значення граничних відхилень конусності – безпосередньо під її позначенням (рис. 5.19, а);
- шляхом нанесення умовного позначення допуску - AT_D7 (рис. 5.19, б);
- умовним позначенням ступеня точності з числовими значеннями граничних відхилень - $AT_D7 (\pm 0,01)$ (рис. 5.19, в);
- граничних відхилень кута конуса та поля допуску на заданому діаметрі D_s (рис. 5.19, г).

Допуски форми конуса (допуск круглості та допуск прямолінійності твірної) слід позначати відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 (рис. 5.20, а). Під час позначення допуску прямолінійності твірної на конусах з конусністю не більше 1:3 допускається з'єднувальну лінію від рамки проводити перпендикулярно до осі конуса (рис. 5.20, б). Якщо вказаний допуск діаметра конуса в будь-якому перерізі T_D , то значення конусності чи кута конуса слід позначати в прямокутній рамці (рис. 5.20, в, г). Якщо вказаний допуск діаметра конуса в заданому поперечному перерізі T_{D_s} , то значення відстані заданого перерізу L_s від базової площини слід позначати в прямокутній рамці (рис. 5.20, д). Якщо вказані граничні відхилення розміру, що визначає осьове положення L_s , то значення номінального діаметру D_s слід позначати в прямокутній рамці (рис. 5.20, е).

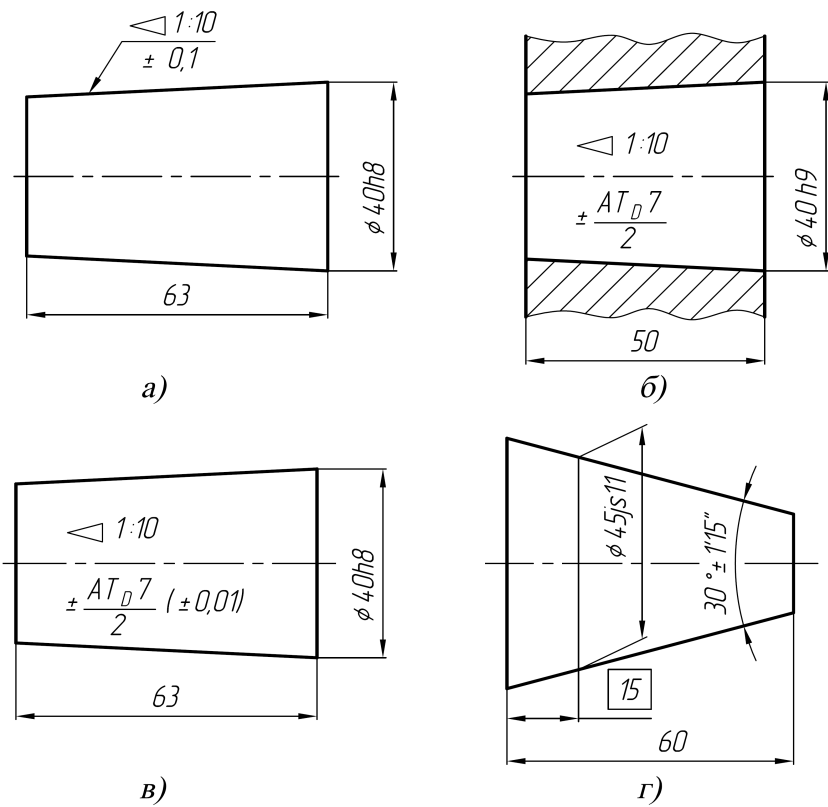


Рис. 5.19 - Позначення граничних відхилень розмірів конусів

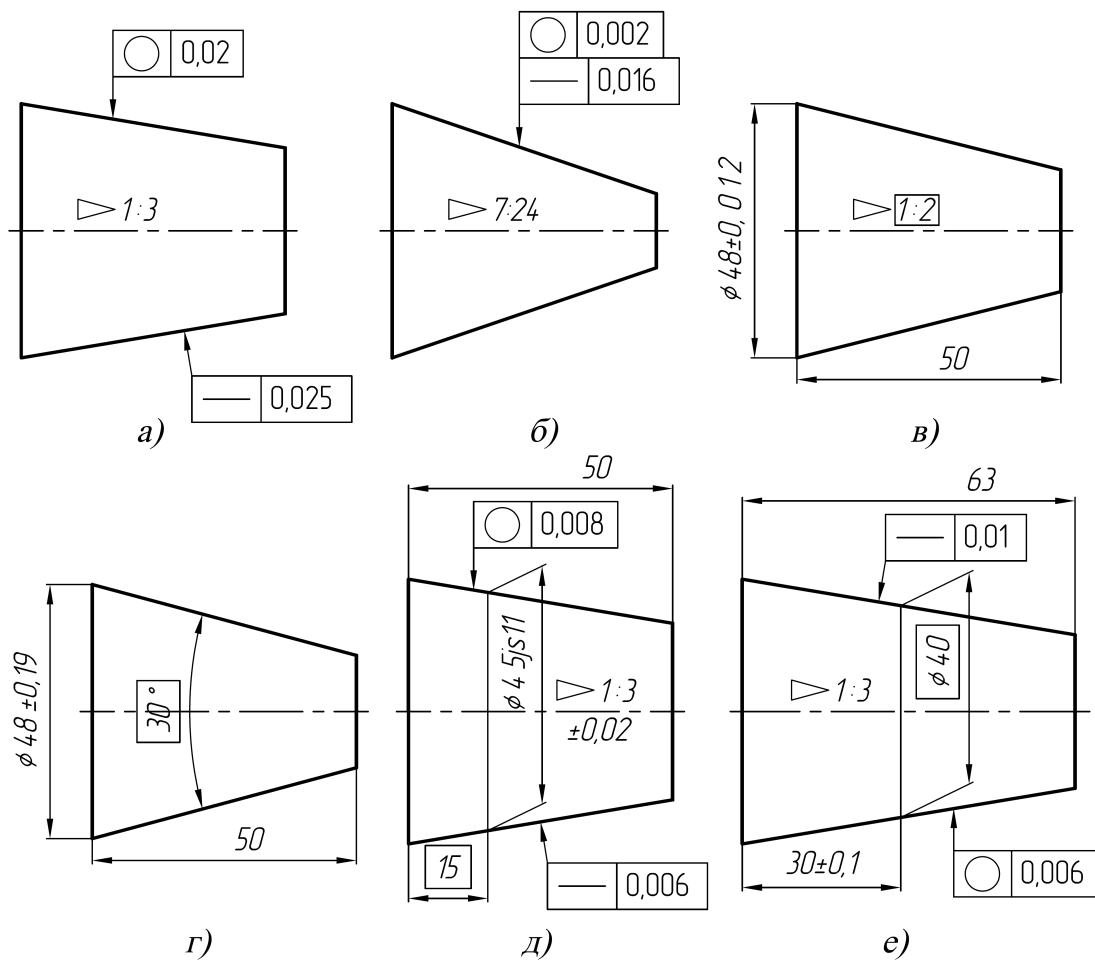


Рис. 5.20 - Позначення допусків форми конусів

В посадках з фіксацією деталей шляхом суміщення конструктивних елементів спряжених конусів, розміри, які визначають характер з'єднання, на складальному кресленні можуть бути вказані тільки як довідкові (рис. 5.21, а).

В посадках з фіксацією деталей по заданій осьовій відстані Z_{pf} між базовими площинами спряжених конусів повинно бути нанесено розмір, який визначає відстань між базовими площинами (в прямокутній рамці), а розмір, який визначає характер з'єднання, може бути вказаний як довідковий (рис. 5.21, б).

В посадках з фіксацією по заданому осьовому зміщенню спряжених конусів від їхнього початкового положення повинно бути вказано розмір осевого зміщення, а початкове положення конусів відмічається штрихпунктирною тонкою лінією з двома крапками. Розміри, які визначають початкову базову відстань з'єднання та поєднання полів допусків спряжених конусів, можуть бути вказані як довідкові (рис. 5.21, в).

В посадках з фіксацією по заданому осьовому зусиллю запресування F_s , яке діє в початковому положенні з'єднуваних конусів, задане зусилля запресування потрібно вказувати в технічних вимогах креслення, наприклад: „Зусилля запресування $F_s = \dots H$ ”. Розміри, які визначають початкову базову відстань з'єднання та поєднання полів допусків спряжених конусів, можуть бути вказані як довідкові (рис. 5.21, в).

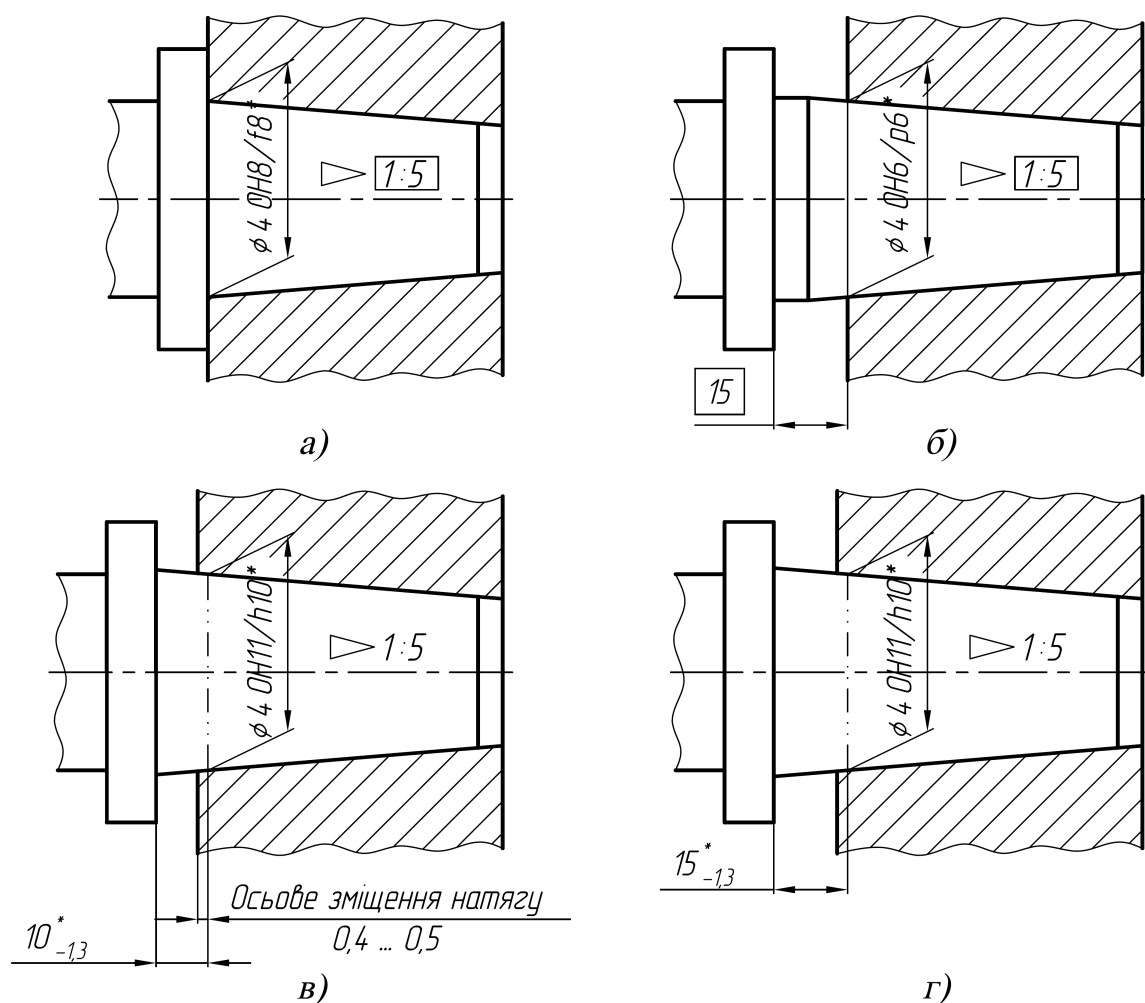


Рис. 5.21 - Позначення допусків і посадок для конічних з'єднань

Приклад 5.1. Для конічного з'єднання (рис. 5.22) задано:

- номінальний діаметр $D = 40$ мм;
- посадка - $H8/m7$;
- конусність - $C = 1:20$;
- довжина з'єднання – $L = 120$ мм.

Фіксація здійснюється шляхом сполучення конструктивних елементів спряжених конусів. Базовими площинами є великі основи конусів, які сполучаються під час фіксації. Характер контакту в початковому положенні не має значення.

Визначити: характеристики посадки, допуски кутів та допуски форми внутрішнього та зовнішнього конусів, граничні значення початкової та кінцевої базової відстані конічного з'єднання, побудувати схему полів допусків спряжених конусів, виконати ескізи конічного з'єднання, зовнішнього та внутрішнього конусів з позначенням полів допусків та посадок відповідно до ГОСТ 2.320-82.

Розрахунок.

Визначення характеристик посадки.

Характеристики посадки визначаються за алгоритмом рис. 1.6 розділу 1.

1. Позначення посадки - $\varnothing 40H8/m7$:

- номінальний розмір посадки $D (d) = 40$ мм;
- поле допуску внутрішнього конуса: $\varnothing 40H8$;
- поле допуску зовнішнього конуса: $\varnothing 40m7$;
- посадка в системі отвору.

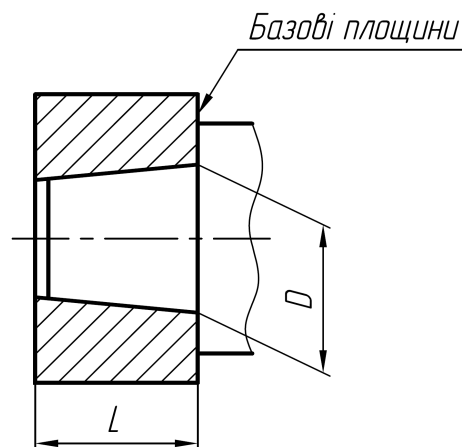


Рис. 5.22 Схема конічного з'єднання до прикладу 5.1

2. Визначення граничних розмірів.

Визначення граничних розмірів внутрішнього конуса $\varnothing 40H8$:

- позначення основного відхилення – H . Основним є нижнє відхилення (табл.А.3):

$$EI = 0;$$

- квалітет - 8-й. За таблицею А.2 для інтервалу 30 – 50 мм допуск внутрішнього конуса IT_i становить:

$$IT_i = 39 \text{ мкм.}$$

Верхнє відхилення визначається, як

$$ES = EI + IT_i = 0 + 39 = + 39 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри внутрішнього конуса:

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,039 = 40,039 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40 \text{ мм};$$

Визначення граничних розмірів зовнішнього конуса $\varnothing 40m7$:

- позначення основного відхилення – m . За таблицею А.4 для інтервалу 30 – 40 мм основним є нижнє відхилення:

$$ei = + 9 \text{ мкм};$$

- квалітет – 7-й. За таблицею А.2 для інтервалу 30 - 50 мм допуск внутрішнього конуса IT_e становить:

$$IT_e = 25 \text{ мкм}.$$

Верхнє відхилення визначається, як

$$es = ei + IT_e = +9 + 25 = + 34 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри зовнішнього конуса:

$$d_{\max} = d + es = 40 + 0,034 = 40,034 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 40 + 0,009 = 40,009 \text{ мм}.$$

3. Побудова схеми посадки. Горизонтально проводиться нульова лінія, вгору від неї відкладаються (в довільному масштабі) додатні відхилення, вниз - від'ємні.

Оскільки нижнє відхилення внутрішнього конуса $EI = 0$, а верхнє відхилення $ES = + 39 \text{ мкм}$, поле допуску розташовано вище нульової лінії (рис. 5.23).

Так як граничні відхилення зовнішнього конуса додатні: $ei = + 9 \text{ мкм}$, $es = + 34 \text{ мкм}$, поле допуску розташовано також вище нульової лінії (рис. 5.23).

На схемі позначаються $D = d = 40 \text{ мм}$; $ES = + 39 \text{ мкм}$; $EI = 0$; $ei = + 9 \text{ мкм}$; $es = + 34 \text{ мкм}$.

4. Схема посадки $\varnothing 40H8/m7$ відповідає одній із схем блоку 4.2 алгоритму – поля допусків отвору та вала частково перекриваються, що відповідає перехідній посадці.

5. Розрахунок характеристик посадки. Характеристики перехідної посадки розраховуються за формулами блоку 5.2 алгоритму:

найбільший граничний зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 40,039 - 40,009 = 0,030 \text{ мм};$$

найбільший граничний натяг

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 40,034 - 40 = 0,034 \text{ мм};$$

допуск посадки

$$T_{SN} = S_{\max} + N_{\max} = 0,030 + 0,034 = 0,064 \text{ мм};$$

$$T_{SN} = IT_i + IT_e = 0,039 + 0,025 = 0,064 \text{ мм}.$$

Найбільші зазор та натяг (S_{\max} , N_{\max}) позначаються на схемі посадки (рис. 5.23).

Визначення допусків кутів та допусків форми внутрішнього та зовнішнього конусів.

Визначаються допуски кутів конусів, виходячи з того, що характер контакту в початковому положенні не має значення. В цьому випадку для зовнішнього і внутрішнього конусів призначається симетричне розташування граничних відхилень кутів: $\pm \frac{AT_e}{2}$ і $\pm \frac{AT_i}{2}$.

Так як, за умовою задачі, необхідно призначити допуски кутів та допуски

форми за заданого допуску T_D , розташування граничних відхилень кутів симетричне, то для вибору допусків кута повинна виконуватись умова:

$$\frac{AT_D}{2} < \Delta\alpha_{D\max} = T_D;$$

а для вибору допусків форми:

$$T_{FR} \leq 0,25 \cdot AT_D$$

$$T_{FL} \leq 0,25 \cdot AT_D$$

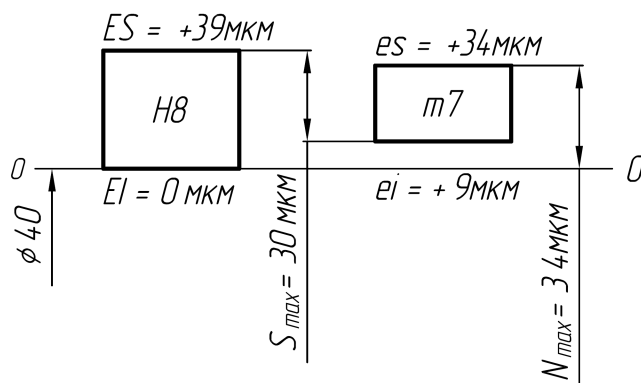


Рис. 5.23 - Схема полів допусків посадки $\varnothing 40H8/m7$

Найбільше відхилення кута конуса $\Delta\alpha_{D\max}$ вибирається з табл. Д.6 залежно від діаметра D та квалітету. Отримане значення допуску кута AT_D округляється за табл. Д.3 до найближчого меншого залежно від довжини з'єднання L .

Значення допусків форми округляються до найближчого меншого значення за ГОСТ 24643-81 (табл. Б.1, Б.2): допуск круглості T_{FR} вибирається за діаметром більшої основи конуса, а допуск прямолінійності T_{FL} - за номінальною довжиною конуса.

Для внутрішнього конуса - $\varnothing 40H8$:

$$\Delta\alpha_{D\max} = 39 \text{ мкм (табл. Д.6); } AT_D / 2 < 39 \text{ мкм; } AT_D < 78 \text{ мкм.}$$

За табл. Д.3 для інтервалу довжин L від 100 до 160 мм допуск кута AT_D знаходиться в межах від 50 до 80 мкм, що відповідає 9 ступеню точності допусків кутів. Значення допуску кута AT_D округляється до найближчого меншого і становить $AT_D = 50$ мкм.

Допуск форми не повинен перевищувати $0,25 \cdot AT_D = 0,25 \cdot 60 = 15$ мкм.

Призначаємо для діаметра $D = 40$ мм допуск круглості $T_{FR} = 12$ мкм (табл. Б.2) і для довжини $L = 120$ мм допуск прямолінійності $T_{FL} = 10$ мкм (табл. Б.1).

Для зовнішнього конуса - $\varnothing 40m7$:

$$\Delta\alpha_{D\max} = 25 \text{ мкм (табл. Д.6); } AT_D / 2 < 25 \text{ мкм; } AT_D < 50 \text{ мкм.}$$

За табл. Д.3 для інтервалу довжин L від 100 до 160 мм допуск кута AT_D знаходиться в межах від 32 до 50 мкм, що відповідає 8 ступеню точності допусків кутів. Значення допуску кута AT_D округляється до найближчого меншого і становить $AT_D = 32$ мкм.

Допуск форми не повинен перевищувати $0,25 \cdot AT_D = 0,25 \cdot 32 = 8$ мкм.

Призначаємо для діаметра $D = 40$ мм допуск круглості $T_{FR} = 8$ мкм (табл. Б.2) і для довжини $L = 120$ мм допуск прямолінійності $T_{FL} = 6$ мкм (табл. Б.1).

Визначення граничних базових відстаней конічного з'єднання.

За умовою базовими є площини конструктивних елементів, які суміщаються під час фіксації. Для посадок з фіксацією за конструктивними елементами граничні кінцеві базові відстані конічного з'єднання:

$$z_{pf\min} = z_{pf\max} = 0.$$

Ескізи конічного з'єднання (рис. 5.24, а), зовнішнього та внутрішнього конусів (рис. 5.24, б, в) виконуються відповідно до ГОСТ 2.320-82.

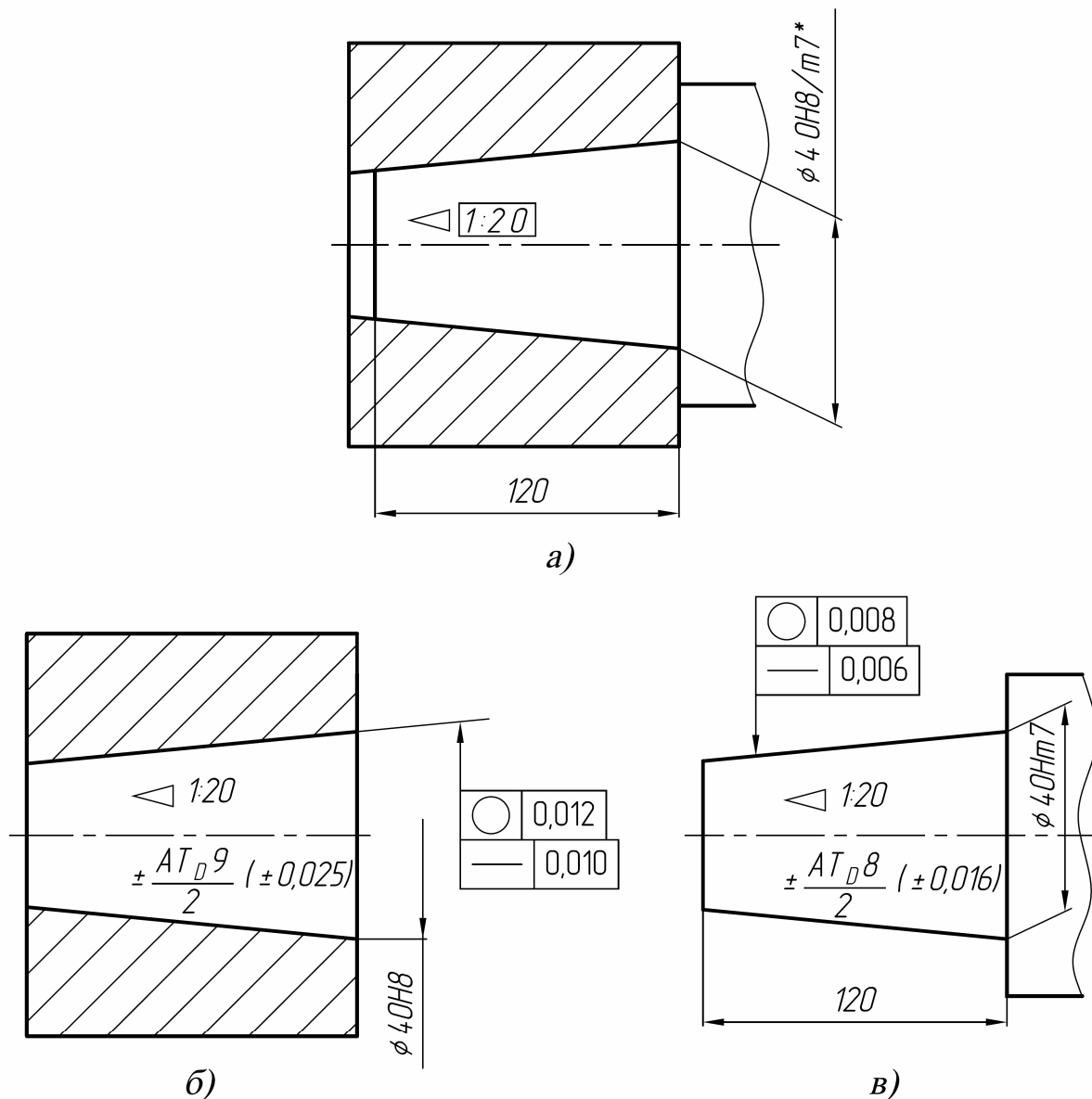


Рис. 5.24 - Ескізи конічного з'єднання і спряжених конусів

Приклад 5.2. Для конічного з'єднання з фіксацією по заданій осьовій відстані Z_{pf} між базовими площинами спряжених конусів (рис. 5.25) задано:

- номінальний діаметр $D = 60$ мм;
- посадка - $H8/u8$;
- конусність - $C = 1:10$;
- довжина з'єднання - $L = 130$ мм.
- базова відстань конічного з'єднання $Z_{pf} = 12$ мм.

Визначити: характеристики посадки, допуски кутів та допуски форми внутрішнього та зовнішнього конусів, граничні значення початкової та кінцевої базової відстані конічного з'єднання, побудувати схему полів допусків спряжених конусів, виконати ескізи конічного з'єднання, зовнішнього та внутрішнього конусів з позначенням полів допусків та посадок відповідно до ГОСТ 2.320-82.

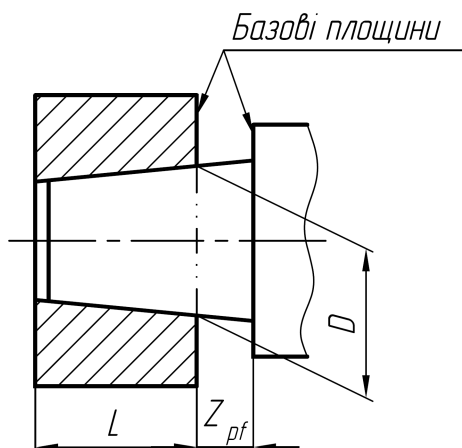


Рис. 5.25 - Схема конічного з'єднання до прикладу 5.2

Розрахунок.

Визначення характеристик посадки.

Характеристики посадки визначаються за алгоритмом рис. 1.6 розділу 1.

1. Позначення посадки - $\varnothing 60H8/u8$:

- номінальний розмір посадки $D(d) = 60$ мм;
- поле допуску внутрішнього конуса: $\varnothing 60H8$;
- поле допуску зовнішнього конуса: $\varnothing 60u8$;
- посадка в системі отвору.

2. Визначення граничних розмірів.

Визначення граничних розмірів внутрішнього конуса $\varnothing 60H8$:

- позначення основного відхилення – H . Основним є нижнє відхилення (табл.А.3):

$$EI = 0;$$

- квалітет - 8-й. За таблицею А.2 для інтервалу 50-80 мм допуск внутрішнього конуса IT_i становить:

$$IT_i = 46 \text{ мкм.}$$

Верхнє відхилення визначається, як

$$ES = EI + IT_i = + 46 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри внутрішнього конуса:

$$D_{\max} = D + ES = 60 + 0,046 = 60,046 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 60 + 0 = 60 \text{ мм.}$$

Визначення граничних розмірів зовнішнього конуса $\varnothing 60u8$:

- позначення основного відхилення – u . За таблицею А.4 для інтервалу 50 - 65мм основним є нижнє відхилення:

$$ei = + 87 \text{ мкм};$$

- квалітет – 8-й. За таблицею А.2 для інтервалу 50 – 80 мм допуск внутрішнього конуса IT_e становить:

$$IT_e = 46 \text{ мкм.}$$

Верхнє відхилення визначається, як

$$es = ei + IT_e = + 87 + 46 = + 133 \text{ мкм.}$$

Граничні розміри зовнішнього конуса:

$$d_{\max} = d + es = 60 + 0,087 = 60,133 \text{ мм;}$$

$$d_{\min} = d + ei = 60 + 0,133 = 60,087 \text{ мм.}$$

3. Побудова схеми посадки. Горизонтально проводиться нульова лінія, вгору від неї відкладаються (в довільному масштабі) додатні відхилення, вниз - від'ємні.

Оскільки нижнє відхилення внутрішнього конуса $EI = 0$, а верхнє відхилення $ES = + 46$ мкм, поле допуску розташовано вище нульової лінії (рис. 5.26).

Так як граничні відхилення зовнішнього конуса додатні: $ei = + 87$ мкм, $es = + 133$ мкм, поле допуску розташовано також вище нульової лінії (рис. 5.26).

На схемі позначаються $D = d = 60$ мм; $ES = + 46$ мкм; $EI = 0$; $ei = + 87$ мкм; $es = + 133$ мкм.

4. Схема посадки $\varnothing 60H8/u8$ відповідає одній із схем блоку 4.2 алгоритму – поле допуску вала розташовано над полем допуску отвору, що відповідає посадці з натягом.

5. Розрахунок характеристик посадки. Характеристики посадки з натягом розраховуються за формулами блоку 5.3 алгоритму (рис.1.6):

найбільший граничний натяг

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 60,133 - 60 = 0,133 \text{ мм;}$$

найменший граничний натяг

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 60,087 - 60,046 = 0,041 \text{ мм;}$$

середній натяг

$$N_c = (N_{\max} + N_{\min}) / 2 = (0,133 + 0,041) / 2 = 0,087 \text{ мм;}$$

допуск посадки

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,133 - 0,041 = 0,092 \text{ мм;}$$

$$TN = IT_i + IT_e = 0,046 + 0,046 = 0,092 \text{ мм.}$$

Граничні натяги (N_{\max} , N_{\min}) позначаються на схемі посадки (рис. 5.26).

Визначення допусків кутів та допусків форми внутрішнього та зовнішнього конусів. Визначаються допуски кутів конусів, виходячи з того, що в початковому положенні необхідно забезпечити контакт спряжених конусів біля більших основ конусів. В цьому випадку для зовнішнього і внутрішнього конусів призначаються односторонні граничні відхилення: для зовнішнього конуса - $+ AT_e$; для внутрішнього конуса - $- AT_i$.

Так як, за умовою задачі, необхідно призначити допуски кутів та допуски форми за заданого допуску T_D , розташування граничних відхилень кутів одностороннє, то для вибору допусків кута повинна виконуватись умова:

$$AT_D \leq \Delta \alpha_{D_{\max}} = T_D;$$

а для вибору допусків форми:

$$T_{FR} \leq 0,5 \cdot AT_D, T_{FL} \leq 0,5 \cdot AT_D.$$

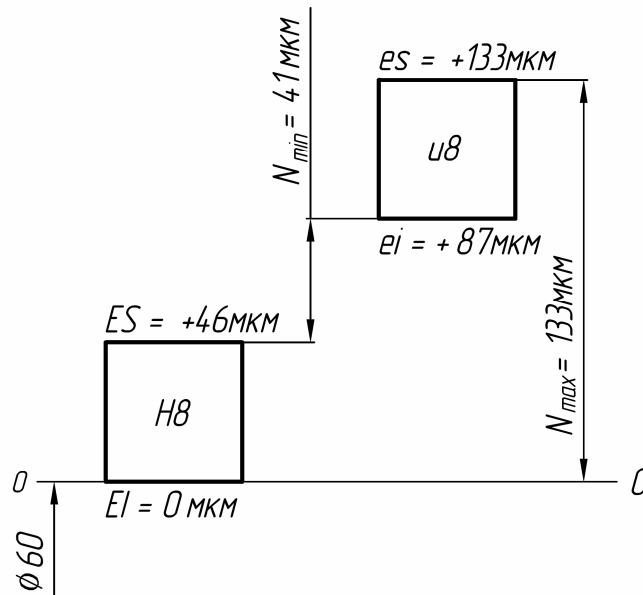


Рис.5.26 - Схема полів допусків посадки Ø60 H8/u8

Найбільше відхилення кута конуса $\Delta\alpha_{D\max}$ вибирається з табл. Д.6 залежно від діаметра D та квалітету. Отримане значення допуску кута AT_D округляється за табл. Д.3 до найближчого меншого залежно від довжини з'єднання L .

Значення допусків форми округляються до найближчого меншого значення за ГОСТ 24643-81 (табл. Б.1, Б.2): допуск круглості T_{FR} вибирається за діаметром більшої основи конуса, а допуск прямолінійності T_{FL} - за номінальною довжиною конуса.

Для внутрішнього конуса - Ø 60H8 і для зовнішнього конуса - Ø 60u8:

Так як квалітет T_D внутрішнього і зовнішнього конусів однаковий – 8-й, допуски кута та форми для обох конусів визначаються однаково.

$$\Delta\alpha_{D\max} = 46 \text{ мкм (табл. Д.6); } AT_D < 46 \text{ мкм.}$$

За табл. Д.3 для інтервалу довжин L від 100 до 160 мм допуск кута AT_D знаходиться в межах від 32 до 50 мкм, що відповідає 8 ступеню точності допусків кутів. Значення допуску кута AT_D округляється до найближчого меншого і становить $AT_D = 32 \text{ мкм}$.

Допуск форми не повинен перевищувати $0,5 \cdot AT_D = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ мкм}$.

Призначаємо для діаметра $D = 60 \text{ мм}$ допуск круглості $T_{FR} = 16 \text{ мкм}$ (табл. Б.2) і для довжини $L = 120 \text{ мм}$ допуск прямолінійності $T_{FL} = 16 \text{ мкм}$ (табл. Б.1).

Визначення граничних кінцевих базових відстаней кінцевого з'єднання.

За умовою, задано кінцеве з'єднання з фіксацією по заданій осьовій відстані між базовими площинами спряжених конусів, посадка з натягом, базові площини розташовані біля великих основ конусів. В цьому випадку розраховуються граничні початкові базові відстані за табл. 5.2.

Якщо базові площини розташовані біля великих основ конусів, початкова базова відстань визначається, як

$$Z_{ps} = Z_e - Z_{ib}$$

де Z_e - відстань між основою і базовою площиною зовнішнього конуса, $Z_e = 12$ мм (за умовою); Z_i - відстань між основою і базовою площиною внутрішнього конуса, $Z_i = 0$ (за конструкцією).

За таблицею 5.2 граничні початкові базові відстані кінцевого з'єднання, якщо базові площини розташовані біля великих основ конусів, розраховуються, як:

$$z_{ps \max} = z_{ps} + \frac{1}{C}(es - EI) = 12 + 10 \cdot (0,133 - 0) = 13,33 \text{ мм},$$

$$z_{ps \min} = z_{ps} + \frac{1}{C}(ei - ES) = 12 + 10 \cdot (0,087 - 0,046) = 12,41 \text{ мм}.$$

Допуск початкової базової відстані визначається, як:

$$T_{ps} = z_{ps \max} - z_{ps \min} = 13,33 - 12,41 = 0,92 \text{ мм}.$$

Для посадок з фіксацією по заданій осьовій відстані між базовими площинами спряжених конусів граничні кінцеві базові відстані задаються умовами складання.

Ескізи кінцевого з'єднання, зовнішнього та внутрішнього конусів виконуються відповідно до ГОСТ 2.320-82 (рис. 5.27).

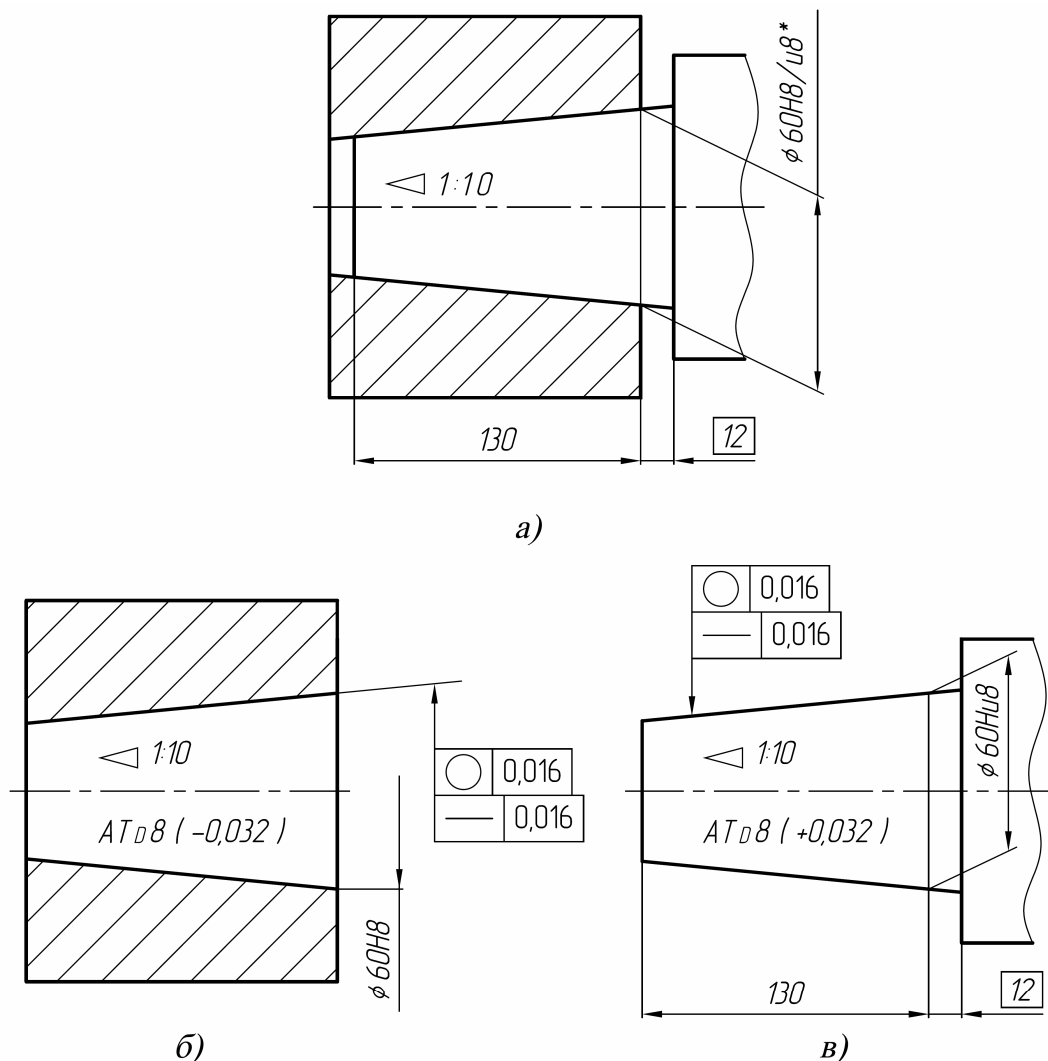


Рис. 5.27 - Ескізи кінцевого з'єднання і спряжених деталей

5.6. Контрольні запитання

1. Що таке конусність, ухил, основна площина, базові площини, базова відстань?
2. Що таке допуск кута? Як він може бути заданий і як розташовуватись відносно номінального кута?
3. Які види допусків встановлено для конусів? Дайте визначення. В яких випадках призначаються допуск кута і допуски форми конуса?
4. Які посадки передбачені для конічних з'єднань і які способи фіксації взаємного осьового положення спряжених конусів? Які посадки забезпечують отримання кожного способу фіксації?
5. Способи нормування допусків конусів.
6. Позначення допусків конічних деталей та конічних з'єднань на кресленнях.

5.7. Контрольні завдання

Завдання 5.1. Для заданого конічного з'єднання (рис. 5.28, табл. 5.6) визначити характеристики посадки, допуски кутів та допуски форми внутрішнього та зовнішнього конусів, граничні значення початкової та кінцевої базової відстані конічного з'єднання, побудувати схему полів допусків спряжених конусів, виконати ескізи конічного з'єднання, зовнішнього та внутрішнього конусів з позначенням полів допусків та посадок відповідно до ГОСТ 2.320-82.

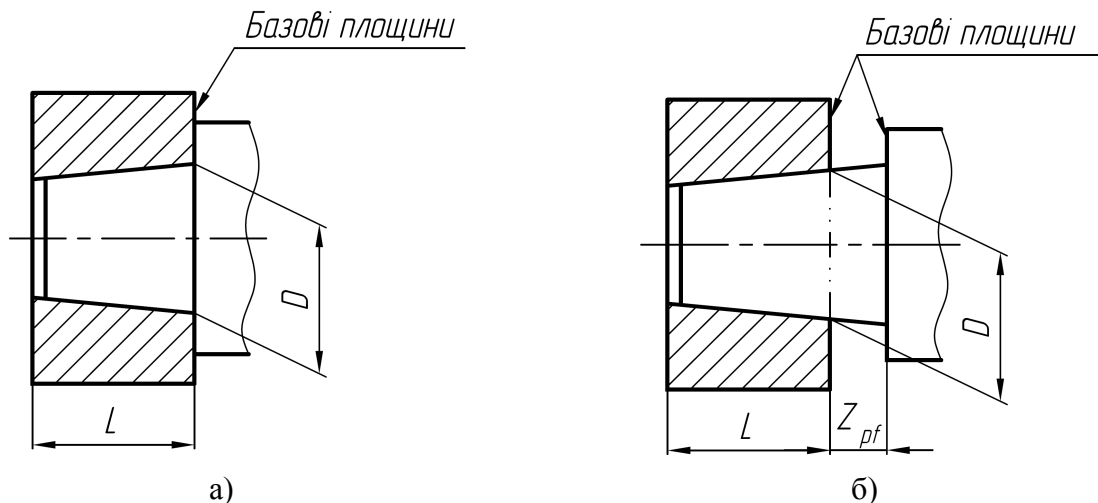


Рис.5.28 - Рисунки до завдання.

Варіанти контрольних завдань 5.1

№	№ рис	Посадка конічного з'єднання	Конусність C	Довжина з'єднання L , мм	Базова відстань Z_{pf} , мм	№	№ рис	Посадка конічного з'єднання	Конусність C	Довжина з'єднання L , мм	Базова відстань Z_{pf} , мм
1	5.28, а	$\varnothing 45H6/r6$	1:50	100	0	16	5.28, б	$\varnothing 15H6/k6$	1:10	20	1,5
2	5.28, а	$\varnothing 25H6/g6$	1:5	40	0	17	5.28, б	$\varnothing 100H8/e8$	1:100	100	25
3	5.28, а	$\varnothing 30H5/k5$	1:10	35	0	18	5.28, б	$\varnothing 65H9/h9$	1:5	20	2
4	5.28, а	$\varnothing 20H8/m7$	1:10	45	0	19	5.28, б	$\varnothing 30H5/p5$	1:3	25	5
5	5.28, а	$\varnothing 40H6/p6$	1:50	100	0	20	5.28, б	$\varnothing 80H7/js7$	1:50	100	20
6	5.28, а	$\varnothing 50H7/u7$	1:20	160	0	21	5.28, б	$\varnothing 35H6/s6$	1:10	50	12
7	5.28, а	$\varnothing 60H7/f7$	1:50	75	0	22	5.28, б	$\varnothing 70H7/u7$	1:50	110	25
8	5.28, а	$\varnothing 70H7/n7$	1:5	60	0	23	5.28, б	$\varnothing 45H7/f7$	1:3	50	8
9	5.28, а	$\varnothing 20H6/h6$	1:3	60	0	24	5.28, б	$\varnothing 100H9/d9$	1:20	160	30
10	5.28, а	$\varnothing 75H7/js7$	1:12	50	0	25	5.28, б	$\varnothing 80H7/m7$	1:12	120	40
11	5.28, а	$\varnothing 45H9/d9$	1:3	160	0	26	5.28, б	$\varnothing 100H7/s7$	1:20	150	35
12	5.28, а	$\varnothing 80H7/h7$	1:20	200	0	27	5.28, б	$\varnothing 360H8/e8$	1:10	200	45
13	5.28, а	$\varnothing 25H5/s5$	1:30	40	0	28	5.28, б	$\varnothing 140H9/f9$	1:15	150	40
14	5.28, а	$\varnothing 110H8/x8$	1:100	200	0	29	5.28, б	$\varnothing 35H6/k6$	1:4	70	15
15	5.28, а	$\varnothing 15H4/g4$	1:10	25	0	30	5.28, б	$\varnothing 200H8/h8$	1:3	180	35

РОЗДІЛ 6. НЕВКАЗАНІ ГРАНИЧНІ ВІДХИЛЕННЯ ЛІНІЙНИХ, КУТОВИХ РОЗМІРІВ, ДОПУСКИ ФОРМИ ТА РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

6.1. Невказані граничні відхилення лінійних та кутових розмірів

Для поверхонь, що не з'єднуються з іншими поверхнями, зазвичай застосовують допуски низької точності. Граничні відхилення на такі розміри не вказують безпосередньо після номінальних розмірів, а в технічних вимогах креслення роблять загальний запис.

Граничні відхилення лінійних та кутових розмірів з невказаними допусками встановлені ДСТУ ISO 2768-1-2001 та ГОСТ 25670-83. Призначатись ці відхилення (з відповідними умовними позначеннями) можуть за одним із цих стандартів.

Стандарт ДСТУ ISO 2768-1-2001 «Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків» встановлює спрощені позначення на кресленнях і основні (загальні) допуски для лінійних та кутових розмірів без індивідуального позначення допусків і застосовується для таких розмірів:

- лінійних розмірів (зовнішніх, внутрішніх, уступів, діаметрів, радіусів, відстаней, зовнішніх радіусів і розмірів фасок скошених країв);
- кутових розмірів, в тому числі на прямі кути та кути багатокутників (якщо вони не нормуються окремо);
- лінійних та кутових розмірів, отриманих під час механічного оброблення деталей в зборі.

Загальні допуски *не застосовують* для таких розмірів:

- лінійних та кутових розмірів, на які наведені посилання на інші стандарти (розміри підшипників, шпонок, шліцьових валів та отворів тощо);
- додаткових розмірів, вказаних в дужках;
- розмірів для довідок;
- теоретично точних розмірів, що вказані в прямокутних рамках.

Основні допуски для лінійних розмірів умовно розділені на чотири класи точності: «точний» - *f*, «середній» - *m*, «грубий» - *c*, «дуже грубий» - *v*. Числові значення допусків наведені у табл. Е.1 та Е.2. Граничні відхилення для кутових розмірів наведені у табл. Е.3.

Під час вибору класу точності слід враховувати точність, звичайну для виробника. Якщо є необхідність застосування менших допусків або допустиме застосування більших допусків, які економічно доцільніші для якого-небудь окремого елемента, то такі допуски належить наводити індивідуально поруч з відповідними номінальними розмірами.

Основні допуски, вказані в кутових одиницях, обмежують тільки загальну орієнтацію ліній або лінійних елементів поверхні, але не відхилення від їх форми.

Приклад позначення на кресленні основних допусків лінійних та кутових розмірів за ДСТУ ISO 2768-1-2001: ISO 2768-*m*.

Згідно з ГОСТ 25670-83 неказані граничні відхилення лінійних розмірів, крім радіусів закруглення та фасок призначають:

- за квалітетами (за ГОСТ 25346-89, ГОСТ 25348-82);
- за класами точності які умовно називають «точний» - t_1 , «середній» - t_2 , «грубий» - t_3 , «дуже грубий» - t_4 .

Поєднання в одному запису неказаних граничних відхилень для розмірів різних елементів повинні відповідати наведеним у табл. Е.4.

Залежно від прийнятого класу точності розмірів можуть бути прийняті поєднання допусків згідно з табл. Е.5.

Числові значення симетричних граничних відхилень за класами точності повинні відповідати наведеним у таблиці Е.6, а числові значення односторонніх граничних відхилень за класами точності – наведеним у таблиці Е.7.

На кресленнях у технічних вимогах згідно з ГОСТ 25670-83 можливі чотири варіанти запису, наприклад, для класу точності «середній»:

1. $H14, h14, \pm t_2/2$ або $H14, h14, \pm IT14/2$;
2. $+t_2, -t_2, \pm t_2/2$ (таке застосування не рекомендується);
3. $\pm t_2/2$ або $\pm IT14/2$;
4. $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm t_2/2$ або $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm IT14/2$ (для круглих отворів та валів).

Якщо на кресленні є лише один пункт технічних вимог, то його формулюють так: «Неказані граничні відхилення розмірів: $H14, h14, \pm t_2/2$ », а якщо пунктів декілька, то в одному з них без пояснювальних слів вказують: « $H14, h14, \pm t_2/2$ », хоча і в цьому випадку допускається писати пояснювальні слова.

Неказані граничні відхилення кутів (крім 90°) та радіусів закруглення встановлюють залежно від квалітету чи класу точності неказаних лінійних розмірів. Числові значення неказаних граничних відхилень кутів та радіусів закруглення повинні відповідати наведеним у табл. Е.8 та Е.9.

Застосування основних допусків за ДСТУ ISO 2768-1-2001 має ряд переваг порівняно з ГОСТ 25670-83, зокрема:

- креслення легко читати;
- конструктор економить час, уникаючи детального розрахунку допусків, бо досить знати, чи допустимий функціонально більший або дорівнює основному допуску;
- креслення наочно показується, який елемент можна виготовити в результаті нормального процесу, що також сприяє якості виготовлення у разі зменшення рівня контролю;
- решта розмірів із індивідуально позначеними допусками будуть, здебільшого тими елементами, що підлягають контролю;
- замовники і постачальники з кооперації можуть легше укласти замовлення, знаючи «звичайну точність виробника» до розміщення контракту.

Ці переваги виявляють у повній мірі тільки тоді, коли є достатня впевненість у тому, що основні допуски не будуть перевищені, тобто, коли звичайна

точність виробника дорівнює або вища, ніж основні допуски, що зазначені в кресленні.

Допуск функціонально призначений, часто більший, ніж основний допуск. Отже, коли основний допуск виявився (випадково) перевищеним для будь-якого елемента виробу, то функціонування деталі не завжди погіршується. Перевищення основного допуску призводить до відбракування виробу тільки, якщо порушено його функціонування.

6.2. Допуски форми та розташування поверхонь, що не вказані індивідуально

Загальний допуск форми та розташування – це допуск, який вказують на кресленні чи в інших технічних документах загальним записом і застосовується в тих випадках, коли допуск форми чи розташування не вказаний індивідуально для відповідного елемента.

Невказані допуски форми та розташування, їхні числові значення та позначення на кресленнях встановлено ДСТУ ISO 2768-1-2001 та ГОСТ 25069-81. Призначатись ці допуски (з відповідними умовними позначеннями) можуть за одним із цих стандартів.

За ДСТУ ISO 2768-2-2001 основні допуски форми та розташування встановлені у трьох класах точності – *H, K, L*.

Основні допуски форми. Основні допуски *прямолінійності* та *площинності* для елементів з невказаними граничними відхилами наведені в табл. Е.10.

Основний допуск *круглості* в числовому значенні дорівнює допуску на діаметр, але він не повинен перевищувати величину основного допуску радіального биття поверхні.

Основні допуски розташування та биття. Основний допуск *паралельності* дорівнює допуску розміру між елементами, що розглядаються. За базу слід вибирати довший з двох елементів. Якщо елементи мають однакову номінальну довжину, то будь-який з них може бути базою.

Основний допуск *перпендикулярності* вибирають за табл. Е.11.

Основні допуски симетричності наведені в табл. Е.12. Їх застосовують, коли принаймні один з двох елементів має медіанну площину або коли осі двох елементів є взаємно-перпендикулярні.

Основні допуски *радіального* і *торцевого* биття, а також *биття у заданому напрямку* (перпендикулярно до твірної поверхні) мають відповідати значенням, наведеним в табл. Е.13.

Основні допуски *циліндричності*, *профілю поздовжнього перерізу*, *нахилу*, *перекосу осей*, *позиційні*, *повного радіального* та *повного торцевого биття*, *форми заданого профілю* і *форми заданої поверхні* не встановлюються. Відхилення цих видів опосередковано обмежують допусками на лінійні та кутові розміри чи іншими видами допусків форми та розташування, у тому числі і основними. Якщо такого обмеження недостатньо, то тоді допуски вказують окремо.

На кресленні в технічних вимогах можуть бути вказані або основні допуски форми та розташування, наприклад, ISO 2768-*K*; або одночасно нормуються

основні допуски на лінійні та кутові розміри та основні допуски форми та розташування, наприклад, ISO 2768-*mH*; де *m* – клас точності «середній» основних допусків лінійних та кутових розмірів за ДСТУ ISO 2768-1-2001; *H* – клас точності основних допусків форми та розташування за ДСТУ ISO 2768-2-2001.

Під час вибору класу точності варто враховувати звичайну точність відповідного виробництва. Якщо допуски форми та розташування елементів деталей відрізняються від основних допусків, то їх треба вказувати окремо.

У деяких випадках допуск, що відповідає функціональним вимогам, може перевищувати основний допуск. Випадкове перевищення основного допуску будь-якого елемента не завжди призводить до порушення функції деталі. Вихід відхилення форми та розташування елемента за межі основного допуску не повинен вести до автоматичного бракування деталі, якщо не порушена здатність деталі до її функціонування.

ГОСТ 25069-81 встановлює невказані допуски форми та розташування елементів деталей.

Допуски форми. Якщо допуски форми не вказані індивідуально, то допускаються будь які відхилення форми в межах поля допуску розміру елемента. Проте з цього загального правила є виняток, а саме: для елементів, для яких вказані допуски паралельності, перпендикулярності, нахилу або торцевого биття, невказаний допуск прямолінійності або площинності дорівнює вказаному допуску розташування чи торцевого биття.

Допуски розташування. Невказані допуски розташування або биття встановлені залежно від квалітета або класу точності, якому відповідає допуск розміру розглядуваного елемента або розміру між елементами. Якщо допуски *паралельності* не вказані, то допускаються будь які відхилення в межах поля допуску розміру між поверхнями та осями, що розглядаються. Числові значення невказаних допусків *перпендикулярності* наведені в табл. Е.14, *співвісності, перетину осей та радіального биття* – в табл. Е.15.

Числові значення невказаних допусків *симетричності* наведені в табл. Е.16, а допусків *торцевого биття* – в табл. Е.17.

Невказані допуски не встановлюють на такі види допусків: допуск нахилу, позиційний допуск, допуск биття в заданому напрямку, допуск повного радіального биття, допуск повного торцевого биття, допуски форми заданого профілю, допуск заданої поверхні.

6.3. Контрольні запитання

1. Як встановлюють граничні відхилення для лінійних розмірів без індивідуального позначення?
2. Як нормують невказані допуски кутових розмірів?
3. Як призначають невказані допуски форми?
4. Як призначають невказані допуски розташування та биття?
5. Як позначають на кресленнях загальні допуски лінійних, кутових розмірів, а також допусків форми та розташування?
6. Якими стандартами слід надавати перевагу під час розробки креслень виробів?

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Нормальні лінійні розміри (за ГОСТ6636-69), мм

А. Основні розміри

Діапазон розмірів	Ряд														
	Ra5			Ra10			Ra20			Ra40					
0,010-0,095	0,010	0,010	0,012	0,010	0,011	0,012	0,014	-	-	-	-	0,012	0,013	0,014	0,015
	0,016	0,016	0,020	0,016	0,018	0,020	0,022	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,024
	0,025	0,025	0,032	0,025	0,028	0,032	0,036	0,025	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038
	0,040	0,040	0,050	0,040	0,045	0,050	0,056	0,040	0,042	0,045	0,048	0,050	0,053	0,056	0,060
	0,063	0,063	0,080	0,063	0,071	0,080	0,090	0,063	0,067	0,071	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
0,1-0,95	0,100	0,100	0,120	0,100	0,110	0,120	0,140	0,100	0,105	0,110	0,115	0,120	0,130	0,140	0,150
	0,160	0,160	0,200	0,160	0,180	0,200	0,220	0,160	0,170	0,180	0,190	0,200	0,210	0,220	0,240
	0,250	0,250	0,320	0,250	0,280	0,320	0,360	0,250	0,260	0,280	0,300	0,320	0,340	0,360	0,380
	0,400	0,400	0,500	0,400	0,450	0,500	0,560	0,400	0,420	0,450	0,480	0,500	0,530	0,560	0,600
	0,630	0,630	0,800	0,630	0,710	0,800	0,900	0,630	0,670	0,710	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950
1-9,5	1,0	1,0	1,2	1,0	1,1	1,2	1,4	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,3	1,4	1,5
	1,6	1,6	2,0	1,6	1,8	2,0	2,2	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4
	2,5	2,5	3,2	2,5	2,8	3,2	3,6	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
	4,0	4,0	5,0	4,0	4,5	5,0	5,6	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	6,0
	6,3	6,3	8,0	6,3	7,1	8,0	9,0	6,3	6,7	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
10-95	10	10	12	10	11	12	14	10	10,5	11	11,5	12	13	14	15
	16	16	20	16	18	20	22	16	17	18	19	20	21	22	24
	25	25	32	25	28	32	36	25	26	28	30	32	34	36	38
	40	40	50	40	45	50	56	40	42	45	48	50	53	56	60
	63	63	80	63	71	80	90	63	67	71	75	80	85	90	95
100-950	100	100	120	100	110	120	140	100	105	110	115	120	130	140	150
	160	160	200	160	180	200	220	160	170	180	190	200	210	220	240
	250	250	320	250	280	320	360	250	260	280	300	320	340	360	380
	400	400	500	400	450	500	560	400	420	450	480	500	530	560	600
	630	630	800	630	710	800	900	630	670	710	750	800	850	900	950
1000-9500	1000	1000	1200	1000	1100	1200	1400	1000	1050	1100	1150	1200	1300	1400	1500
	1600	1600	2000	1600	1800	2000	2200	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2400
	2500	2500	3200	2500	2800	3200	3600	2500	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800
	4000	4000	5000	4000	4500	5000	5600	4000	4200	4500	4800	5000	5300	5600	6000
	6300	6300	8000	6300	7100	8000	9000	6300	6700	7100	7500	8000	8500	9000	9500
10000-95000	10000	10000	12000	10000	11000	12000	14000	10000	10500	11000	11500	12000	13000	14000	15000
	16000	16000	20000	16000	18000	20000	22000	16000	17000	18000	19000	20000	21000	22000	24000
	25000	25000	32000	25000	28000	32000	36000	25000	26000	28000	30000	32000	34000	36000	38000
	40000	40000	50000	40000	45000	50000	56000	40000	42000	45000	48000	50000	53000	56000	60000
	63000	63000	80000	63000	71000	80000	90000	63000	67000	71000	75000	80000	85000	90000	95000

Б. Додаткові розміри*

1,25	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	2,15
2,3	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4
4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,2	6,5	7,0	7,3	7,8
8,2	8,8	9,2	9,8	10,2	10,8	11,2	11,8	12,5	13,5
14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	23	27
29	31	33	35	37	39	41	44	46	49
52	55	58	62	65	70	73	78	82	88
92	98	102	108	112	115	118	135	145	155
165	175	185	195	205	215	230	270	290	310
315	330	350	370	390	410	440	460	490	515
545	580	615	650	690	730	775	825	875	925
975	1030	1090	1150	1220	1280	1360	1450	1550	1650
1750	1850	1950	2060	2180	2300	2430	2580	2720	2900
3070	3250	3450	3650	3870	4120	4370	4620	4870	5150
5450	5800	6150	6500	6900	7300	7750	8250	8750	9250
9750	10300	10900	11500	12200	12800	13600	14500	15500	16500
17500	18500	19500	25800	27200	29000	30700	32500	34500	36500
38700	41200	43700	46200	48700	51500	54500	58000	61500	65000
69000	73000	77500	82500	87500	92500	97500			

Примітка: * Додаткові розміри потрібно використовувати лише в окремих технічно обґрунтованих випадках.

Таблиця А.2

Числові значення допусків (за ГОСТ 25346-89 та ДСТУ 2500-94)

Інтервал розмірів, мм		Квалітет																			
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		МКМ												ММ							
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	2,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Примітка: Для розмірів менше 1 мм квалітети від 14-го до 18-го не застосовуються.

**Числові значення основних відхилень отворів
(за ГОСТ 25346-89 та ДСТУ 2500-94)**

Інтервал розмірів, мм		Основне відхилення												J		K		M		
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS							
		Для всіх квалітетів												Для квалітетів						
														6	7	8	до 8	пон. 8	до 8	пон. 8
Нижнє відхилення EI												Верхнє відхилення ES								
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Граничні відхилення = ± IT _n / 2, де n – порядковий номер квалітету	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	-	-4+Δ	-4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	-	-6+Δ	-6
10	14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	-	-7+Δ	-7
14	18													+6	+10	+15	-1+Δ	-	-7+Δ	-7
18	24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8
24	30													+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8
30	40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9
40	50	+320	+180	+130										+13	+18	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9
50	65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	-	-11+Δ	-11
65	80	+360	+200	+150										+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13
80	100	+380	+220	+170	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13
100	120	+410	+240	+180										+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15
120	140	+460	+260	+200	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15
140	160	+520	+280	+210										+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-17
160	180	+580	+310	+230	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-17
180	200	+660	+340	+240										+25	+36	+55	-4+Δ	-	-20+Δ	-20
200	225	+740	+380	+260	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0		+25	+36	+55	-4+Δ	-	-20+Δ	-20
225	250	+820	+420	+280										+29	+39	+60	-4+Δ	-	-21+Δ	-21
250	280	+920	+480	+300	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-	-21+Δ	-21
280	315	+1050	+540	+330										+33	+43	+66	-5+Δ	-	-23+Δ	-23
315	355	+1200	+600	+360	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0		-	-	-	0	-	-26	-26
355	400	+1350	+680	+400										-	-	-	0	-	-30	-30
400	450	+1500	+760	+440	-	+260	+145	-	+76	-	+22	0		-	-	-	0	-	-34	-34
450	500	+1650	+840	+480										-	-	-	0	-	-34	-34
500	560	-	-	+520	+370	+260	+145	-	+76	-	+22	0		-	-	-	0	-	-40	-40
560	630	-	-	+580	+390									-	-	-	0	-	-40	-40
630	710	-	-	+640	+430	+290	+160	-	+80	-	+24	0		-	-	-	0	-	-48	-48
710	800	-	-	+700	+450								-	-	-	0	-	-48	-48	
800	900	-	-	+780	+500	+320	+170	-	+86	-	+26	0	-	-	-	0	-	-58	-58	
900	1000	-	-	+860	+520								-	-	-	0	-	-58	-58	
1000	1120	-	-	+940	+580	+350	+195	-	+98	-	+28	0	-	-	-	0	-	-68	-68	
1120	1250	-	-	+1050	+600								-	-	-	0	-	-68	-68	
1250	1400	-	-	+1150	+660	+390	+220	-	+110	-	+30	0	-	-	-	0	-	-76	-76	
1400	1600	-	-	+1300	+720								-	-	-	0	-	-76	-76	
1600	1800	-	-	+1450	+780	+430	+240	-	+120	-	+32	0	-	-	-	0	-	-76	-76	
1800	2000	-	-	+1600	+820								-	-	-	0	-	-76	-76	
2000	2240	-	-	+1800	+920	+480	+260	-	+130	-	+34	0	-	-	-	0	-	-76	-76	
2240	2500	-	-	+2000	+980								-	-	-	0	-	-76	-76	
2500	2800	-	-	+2200	+1050	+520	+290	-	+145	-	+38	0	-	-	-	0	-	-76	-76	
2800	3150	-	-	+2500	+1150								-	-	-	0	-	-76	-76	

Продовження таблиці А.3

Основне відхилення														Δ, мкм						
N		P-ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
Для квалітетів до 8			Для квалітетів понад 7												Для квалітетів					
Верхнє відхилення ES															3	4	5	6	7	8
-4	-4	Граничні відхилення як для квалітетів понад 7-й, збільшені на Δ	-6	-10	-14	-	-18		-20	-	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0
-8+Δ	0		-12	-15	-19	-	-23		-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
-10+Δ	0		-15	-19	-23	-	-28		-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
-12+Δ	0		-18	-23	-28	-	-33		-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
-15+Δ	0		-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
-17+Δ	0		-26	-34	-43	-	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	1,5	3	4	5	9	14
-20+Δ	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
-23+Δ	0		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
-27+Δ	0		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
-31+Δ	0		-50	-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	3	4	6	9	17	26
-34+Δ	0		-56	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	4	4	7	9	20	29
-37+Δ	0		-62	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	4	5	7	11	21	32
-40+Δ	0		-68	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	5	5	7	13	23	34
-44			-78	-94	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	-	-	-	-	-	-
-50			-88	-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	-	-	-	-	-	-
-56			-100	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	-	-	-	-	-	-
-66			-120	-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	-	-	-	-	-	-
-78			-140	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	-	-	-	-	-	-
-92			-170	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	-	-	-	-	-	-
-110			-195	-150	-280	-400	-600	-740	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-135			-240	-155	-310	-450	-660	-820	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-240	-175	-340	-500	-740	-920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-240	-185	-380	-560	-840	-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-240	-210	-430	-620	-940	-1150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-240	-220	-470	-680	-1050	-1300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-250	-520	-780	-1150	-1450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-260	-580	-840	-1300	-1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-300	-640	-960	-1450	-1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-330	-720	-1050	-1600	-2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-370	-820	-1200	-1850	-2300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-400	-920	-1350	-2000	-2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-440	-1000	-1500	-2300	-2800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-460	-1100	-1650	-2500	-3100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-550	-1250	-1900	-2900	-3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-240	-580	-1400	-2100	-3200	-3900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Примітка: 1) Основні відхилення A і B не передбачені для розмірів менше 1 мм.

2) Для полів допусків від $JS7$ до $JS11$ непарні числові значення IT можуть бути округлені до ближчого меншого парного числа, щоб граничні відхилення $\pm IT / 2$ були виражені цілим числом мікрометрів.

3) Для визначення відхилень K , M і N до 8-го квалітету включно і відхилень від P до ZC до 7-го квалітету включно належить використовувати величини Δ в графі справа.

4) Спеціальні випадки: для поля допуску $M6$ в інтервалі розмірів від 250 до 315 мм $ES = -9$ мкм (замість -11 мкм); поле допуску $M8$ передбачено тільки для розмірів понад 3 мм.

5) Основне відхилення N для квалітетів до 8-го не передбачено для розмірів менше 1 мм.

Таблиця А.4

**Числові значення основних відхилень валів
(за ГОСТ 25346-89 та ДСТУ 2500-94)**

Інтервал розмірів, мм		Основне відхилення														
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>cd</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ef</i>	<i>f</i>	<i>fg</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>j</i>		
		Для всіх квалітетів												Для квалітетів		
														5 та 6	7	8
Понад	До	Верхнє відхилення <i>es</i>												Нижнє відхилення <i>ei</i>		
-	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-
10	14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-
14	18															
18	24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-
24	30															
30	40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-
40	50	-320	-180	-130	-											
50	65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-
65	80	-360	-200	-150	-											
80	100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-
100	120	-410	-240	-180	-											
120	140	-460	-260	-200	-											
140	160	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-
160	180	-580	-310	-230	-											
180	200	-660	-340	-240	-											
200	225	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-
225	250	-820	-420	-280	-											
250	280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0		-16	-26	-
280	315	-1050	-540	-330	-											
315	355	-1200	-600	-360	-	-21	-125	-	-62	-	-18	0		-18	-28	-
355	400	-1350	-680	-400	-											
400	450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-
450	500	-1650	-840	-480	-											
500	560	-	-	-520	-370											
560	630	-	-	-580	-390	-260	-145	-	-76	-	-22	0		-	-	-
630	710	-	-	-640	-430											
710	800	-	-	-700	-450	-290	-160	-	-80	-	-24	0		-	-	-
800	900	-	-	-780	-500											
900	1000	-	-	-860	-520	-320	-170	-	-86	-	-26	0		-	-	-
1000	1120	-	-	-940	-580											
1120	1250	-	-	-1050	-600	-350	-195	-	-98	-	-28	0		-	-	-
1250	1400	-	-	-1150	-660											
1400	1600	-	-	-1300	-720	-390	-220	-	-110	-	-30	0		-	-	-
1600	1800	-	-	-1450	-780											
1800	2000	-	-	-1600	-820	-430	-240	-	-120	-	-32	0		-	-	-
2000	2240	-	-	-1800	-920											
2240	2500	-	-	-2000	-980	-480	-260	-	-130	-	-34	0		-	-	-
2500	2800	-	-	-2200	-1050											
2800	3150	-	-	-2500	-1150	-520	-290	-	-145	-	-38	0		-	-	-

Граничні відхилення = $\pm \frac{IT_n}{2}$, де *n* – порядковий номер квалітету

Продовження таблиці А.4

Основне відхилення															
k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Для квалітетів		Для всіх квалітетів													
від 4 до 7	до 3 та понад 7														
Нижнє відхилення e_i															
0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
									+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
									+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118
+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	-	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200
									+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180
+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
									+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174
+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
									+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254
+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
					+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
					+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
					+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
					+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
					+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
					+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
					+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
0	0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600	+740	-	-	-	-	-	-
					+155	+310	+450	+660	+820	-	-	-	-	-	-
0	0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740	+920	-	-	-	-	-	-
					+185	+380	+560	+840	+1000	-	-	-	-	-	-
0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940	+1150	-	-	-	-	-	-
					+220	+470	+680	+1050	+1300	-	-	-	-	-	-
0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1150	+1450	-	-	-	-	-	-
					+260	+580	+840	+1300	+1600	-	-	-	-	-	-
0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1450	+1800	-	-	-	-	-	-
					+330	+720	+1050	+1600	+2000	-	-	-	-	-	-
0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1200	+1850	+2300	-	-	-	-	-	-
					+400	+920	+1350	+2000	+2500	-	-	-	-	-	-
0	0	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300	+2800	-	-	-	-	-	-
					+460	+1100	+1650	+2500	+3100	-	-	-	-	-	-
0	0	+76	+135	+240	+550	+1250	+1900	+2900	+3500	-	-	-	-	-	-
					+580	+1400	+2100	+3200	+3900	-	-	-	-	-	-

Примітка: 1) Основні відхилення a і b не передбачені для розмірів менше 1 мм.

2) Для полів допусків від $js7$ до $js11$ непарні числові значення IT можуть бути округлені до ближчого меншого парного числа, щоб граничні відхилення $\pm IT / 2$ були визначені цілим числом мікрометрів.

3) Спеціальний випадок: поле допуску $m7$ передбачено тільки для розмірів понад 3 мм.

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Допуски площинності та прямолінійності (за ГОСТ 24643-81)

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Ступені точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
Понад 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
Понад 16 до 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Понад 25 до 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Понад 40 до 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Понад 63 до 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Понад 100 до 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Понад 160 до 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Понад 250 до 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Понад 400 до 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Понад 630 до 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
Понад 1000 до 1600	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
Понад 1600 до 2500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
Понад 2500 до 4000	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
Понад 4000 до 6300	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
Понад 6300 до 10000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8

Примітка. Під номінальним розміром розуміється номінальна довжина нормованої ділянки. Якщо нормована ділянка не вказана, то під номінальним розміром розуміється номінальна довжина більшої сторони поверхні або номінальний більший діаметр торцевої поверхні.

Таблиця Б.2

Допуски циліндричності, круглості, профілю поздовжнього перерізу (за ГОСТ 24643-81)

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Ступені точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
Понад 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Понад 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Понад 18 до 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Понад 30 до 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Понад 50 до 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Понад 120 до 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Понад 250 до 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Понад 400 до 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Понад 630 до 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
Понад 1000 до 1600	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
Понад 1600 до 2500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4

Примітка. Під номінальним розміром розуміється номінальний діаметр поверхні.

Таблиця Б.3

Допуски паралельності, перпендикулярності, нахилу, торцьового биття та повного торцьового биття (за ГОСТ 24643-81)

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Ступені точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Понад 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Понад 16 до 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Понад 25 до 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Понад 40 до 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Понад 63 до 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Понад 100 до 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Понад 160 до 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Понад 250 до 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
Понад 400 до 630	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
Понад 630 до 1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
Понад 1000 до 1600	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
Понад 1600 до 2500	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
Понад 2500 до 4000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8
Понад 4000 до 6300	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2,5	4	6	10
Понад 6300 до 10000	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3	5	8	12

Примітка. Під час призначення допусків паралельності, перпендикулярності та нахилу за номінальний розмір приймається довжина нормованої ділянки або номінальна довжина всієї поверхні, що нормується (для допуску паралельності – номінальна довжина більшої сторони), якщо нормована ділянка не вказана. Під час призначення допуску торцьового биття за номінальний розмір приймається вказаний номінальний діаметр або номінальний більший діаметр торцьової поверхні. Під час призначення допуску повного торцьового биття за номінальний розмір приймається номінальний більший діаметр торцьової поверхні, що нормується.

Таблиця Б.4

Допуски радіального биття та повного радіального биття. Допуск співвісності, симетричності, перетину осей в діаметральному вираженні (за ГОСТ 24643-81)

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Ступені точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Понад 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Понад 10 до 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Понад 18 до 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Понад 30 до 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Понад 50 до 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
Понад 120 до 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
Понад 250 до 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
Понад 400 до 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
Понад 630 до 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
Понад 1000 до 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8
Понад 1600 до 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2,5	4	6	10

Примітка. Під час призначення допуску радіального биття та повного радіального биття за номінальний розмір приймається номінальний діаметр поверхні, що нормується. Під час призначення допуску співвісності, симетричності, перетину осей за номінальний розмір приймається номінальний діаметр поверхонь обертання, що нормуються, або номінальний розмір між поверхнями, які утворюють симетричний елемент. Якщо база не вказується, то допуск визначається за елементом з більшим розміром.

Таблиця Б.5

Допуски співвісності, симетричності та перетину осей в радіусному вираженні (за ГОСТ 24643-81)

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Ступені точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 3	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Понад 3 до 10	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Понад 10 до 18	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Понад 18 до 30	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Понад 30 до 50	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Понад 50 до 120	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Понад 120 до 250	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Понад 250 до 400	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Понад 400 до 630	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
Понад 630 до 1000	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
Понад 1000 до 1600	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
Понад 1600 до 2500	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5

Примітка. За номінальний розмір приймається номінальний діаметр поверхні обертання, що нормується або номінальний розмір між поверхнями, які утворюють симетричний елемент. Якщо база не вказується, то допуск визначається за елементом з більшим розміром.

Таблиця Б.6

Допуски форми циліндричних поверхонь в залежності від квалітету допуску розміру (за ГОСТ 24643-81), мкм.

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Відносна геометрична точність	Квалітети допуску розміру								
		4	5	6	7	8	9	10	11	12
До 3	A	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
	B	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
	C	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12
Понад 3 до 10	A	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
	B	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
	C	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Понад 10 до 18	A	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
	B	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
	C	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Понад 18 до 30	A	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
	B	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
	C	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Понад 30 до 50	A	2	3	5	8	12	20	30	50	80
	B	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
	C	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
Понад 50 до 120	A	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
	B	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
	C	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
Понад 120 до 250	A	3	5	8	12	20	30	50	80	120
	B	2	3	5	8	12	20	30	50	80
	C	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
Понад 250 до 400	A	4	6	10	16	25	40	60	100	160
	B	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
	C	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
Понад 400 до 500	A	5	8	12	20	30	50	80	120	200
	B	3	5	8	12	20	30	50	80	120
	C	2	3	5	8	12	20	30	50	80

Таблиця Б.7

**Допуски площинності, прямолінійності та паралельності в залежності від
квалітету допуску розміру (за ГОСТ 24643-81), мкм.**

Інтервал номінальних розмірів, мм.	Відносна геометрична точність	Квалітети допуску розміру								
		4	5	6	7	8	9	10	11	12
До 3	A	2	2,5	4	6	10	16	25	40	60
	B	1,2	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
	C	8	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Понад 3 до 6	A	2,5	3	5	8	12	20	30	50	80
	B	1,6	2	3	5	8	12	20	30	50
	C	1	1,2	2	3	5	8	12	20	30
Понад 6 до 10	A	2,5	4	5	8	12	20	30	50	80
	B	1,6	2,5	3	5	8	12	20	30	50
	C	1	1,6	2	3	5	8	12	20	30
Понад 10 до 18	A	3	5	6	10	16	25	40	60	100
	B	2	3	4	6	10	16	25	40	60
	C	1,2	2	2,5	4	6	10	16	25	40
Понад 18 до 30	A	4	5	8	12	20	30	50	80	120
	B	2,5	3	5	8	12	20	30	50	80
	C	1,6	2	3	5	8	12	20	30	50
Понад 30 до 50	A	4	6	10	16	25	40	60	100	160
	B	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
	C	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
Понад 50 до 80	A	5	8	12	20	30	50	80	120	200
	B	3	5	8	12	20	30	50	80	120
	C	2	3	5	8	12	20	30	50	80
Понад 80 до 120	A	6	10	12	20	30	50	80	120	200
	B	4	6	8	12	20	30	50	80	120
	C	2,5	4	5	8	12	20	30	50	80
Понад 120 до 180	A	8	10	16	25	40	60	100	160	250
	B	5	6	10	16	25	40	60	100	160
	C	3	4	6	10	16	25	40	60	100
Понад 180 до 250	A	8	12	16	25	40	60	100	160	250
	B	5	8	10	16	25	40	60	100	160
	C	3	5	6	10	16	25	40	60	100
Понад 250 до 315	A	10	12	20	30	50	80	120	200	300
	B	6	8	12	20	30	50	80	120	200
	C	4	5	8	12	20	30	50	80	120
Понад 315 до 400	A	10	16	20	30	50	80	120	200	300
	B	6	10	12	20	30	50	80	120	200
	C	4	6	8	12	20	30	50	80	120
Понад 400 до 500	A	12	16	25	40	60	100	160	250	400
	B	8	10	16	25	40	60	100	160	250
	C	5	6	10	16	25	40	60	100	160

ДОДАТОК В

Таблиця В.1

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a (за ГОСТ 2789-73), мкм.

<u>100</u>	80	63	<u>50</u>	40	32	<u>25</u>	20	16	<u>12,5</u>
10	8	<u>6,3</u>	5	4	<u>3,2</u>	2,5	2	<u>1,6</u>	1,25
1	<u>0,8</u>	0,63	0,5	<u>0,4</u>	0,32	0,25	<u>0,2</u>	0,16	0,125
<u>0,1</u>	0,08	0,063	<u>0,05</u>	0,04	0,032	<u>0,025</u>	0,02	0,016	<u>0,012</u>
0,01	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Переважні значення параметрів підкреслені.

Таблиця В.2

Висота нерівностей профілю по 10 точкам R_z та найбільша висота нерівностей профілю R_{max} (за ГОСТ 2789-73), мкм.

-	-	-	-	-	-	-	-	1600	1250
1000	800	630	500	<u>400</u>	320	250	<u>200</u>	160	125
<u>100</u>	80	63	<u>50</u>	40	32	<u>25</u>	20	16	<u>12,5</u>
1	<u>0,8</u>	0,63	0,5	<u>0,4</u>	0,32	0,25	<u>0,2</u>	0,16	0,125
0,1	0,08	0,063	<u>0,05</u>	0,04	0,032	<u>0,025</u>	-	-	-

Примітка. Переважні значення параметрів підкреслені.

Таблиця В.3

Середній крок нерівностей S_m та середній крок місцевих виступів профілю S (за ГОСТ 2789-73), мкм.

-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5
10	8	6,3	5	4	3,2	2,5	2	1	1,25
1	0,8	0,63	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,125
0,1	0,08	0,063	0,05	0,04	0,032	0,025	0,020	0,016	0,0125
0,01	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	-	-	-

Таблиця В.4

Числові значення параметрів t_p , p , l (за ГОСТ 2789-73)

Назва параметра	Умовне позначення, одиниці вимірювання	Числові значення
Відносна опорна довжина профілю	t_p , %	10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Рівні перерізу профілю	p , % від R_{max}	5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Базова довжина профілю	l , мм	0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25

Таблиця В.5

Співвідношення значень параметру R_a , R_z та базової довжини l

R_a , мкм		R_z , мкм		l , мм
ДСТУ ISO 4288-2001	ГОСТ 2789-73	ДСТУ ISO 4288-2001	ГОСТ 2789-73	
Понад 0,006 до 0,02	-	Понад 0,025 до 0,1	Понад 0,025 до 0,1	0,08
" 0,02 " 0,1	Понад 0,02 до 0,32	" 0,1 " 0,5	-	0,25
" 0,1 " 2	" 0,32 " 2,5	" 0,5 " 10	-	0,8
" 2 " 10	-	" 10 " 50	Понад 10 до 40	2,5
" 10 " 80	-	" 50 " 200	" 40 " 320	8,0

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

Модулі пружності E та коефіцієнти Пуассона μ [7]

Матеріал	$E, \text{Н/м}^2$	μ
Сталь	$2,00 \cdot 10^{11}$	0,30
Чавун СЧ 30-45	$1,20 \cdot 10^{11}$	0,25
Бронза Бр АЖ- 9-4	$1,20 \cdot 10^{11}$	0,30
Латунь ЛА 77-2	$1,05 \cdot 10^{11}$	0,35

Таблиця Г.2

Коефіцієнти тертя за розпресовування [2]

Спосіб складання	Матеріал деталей		Коефіцієнт тертя	
	Охоплююча деталь (втулка)	Охоплювана деталь (вал)	за осьового зміщення деталей f_1	за відносного обертання деталей f_2
Під пресом	Сталь 30-45	Сталь 30-45	0,20	0,08
		Чавун СЧ 30-45	0,17	0,09
		Бронза АЖ-9-4	0,07	-
		Латунь ЛА-77-2	0,10	0,04
Розігрів отвору або охолодження вала	Сталь 30-45	Чавун СЧ 30-45	0,18	0,13
		Латунь ЛА-77-2	0,25	0,17
	Бронза АЖ-9-4	Сталь 45	0,07	-
	Сталь 30-45	Сталь 30-45	З розігрівом отвору	
			0,40	0,35
			З охолодженням вала	
			0,40	0,16

Таблиця Г.3

Границі плинності σ_T [7]

Матеріал	$\sigma_T, \text{Н/м}^2$
Сталь 30	$3,0 \cdot 10^8$
Сталь 35	$3,2 \cdot 10^8$
Сталь 40	$3,4 \cdot 10^8$
Сталь 45	$3,6 \cdot 10^8$
Чавун СЧ 30-45	$2,1 \cdot 10^8$
Бронза Бр АЖ- 9-4	$3,5 \cdot 10^8$
Латунь ЛА 77-2	$1,4 \cdot 10^8$

Таблиця Г.4

Коефіцієнти лінійного розширення α [7]

Матеріал	$\alpha, \text{град}^{-1}$
Сталь 30	$(12,5-15,6) \cdot 10^{-6}$
Сталь 40	$(12,4-14,6) \cdot 10^{-6}$
Сталь 45	$(11,6-14,8) \cdot 10^{-6}$
Чавун СЧ 30-45	$(10,0-12,0) \cdot 10^{-6}$
Бронза Бр АЖ- 9-4	$(16,2-17,1) \cdot 10^{-6}$
Латунь ЛА 77-2	$18,3 \cdot 10^{-6}$

Таблиця Г.5

ГРАНИЧНІ НАТЯГИ В ПОСАДКАХ З НАТЯГОМ (ГОСТ 25347-82)

Номинальн і розміри, мм	Посадки в системі отвору														
	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{s7}$	-	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
	Посадки в системі валу														
	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{P6}{h5}$	-	-	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	-	$\frac{T7}{h6}$	-	-	$\frac{U8}{h7}$	-	-	-
	Граничні натяги N_{\max} , N_{\min} , МКМ														
Понад 6 до 10	14 4	21 6	25 10	29 14	24 0	28 4	32 8	38 8	-	43 13	38 1	50 13	50 6	56 12	64 20
Понад 10 до 14	17	26	31	36	29	34	39	46	-	51 15	46 1	60 15	60 6	67 13	77 23
Понад 14 до 18	4	7	12	17	0	5	10	10	-	51 15	46 1	60 15	60 6	72 18	87 33
Понад 18 до 24	21	31	37	44	35	41	48	56	-	62 20	56 2	74 20	74 8	87 21	106 40
Понад 24 до 30	6	9	15	22	1	7	14	14	54 20	69 27	56 2	81 27	81 15	97 31	121 55
Понад 30 до 40	24	37	45	54	42	50	59	68	64 23	85 35	68 4	99 35	99 21	119 41	151 73
Понад 40 до 50	6	10	18	27	1	9	18	18	70 29	95 45	68 4	109 45	109 31	136 58	175 97
Понад 50 до 65	28 7	45 13	54 22	66 34	51 2	60 11	72 23	83 23	85 36	117 57	83 7	133 57	133 41	168 76	218 126
Понад 65 до 80	28 7	45 13	56 24	72 40	51 2	62 13	78 29	89 29	94 45	132 72	89 13	148 72	148 56	192 100	256 164
Понад 80 до 100	33 8	52 15	66 29	86 49	59 2	73 16	93 36	106 36	113 56	159 89	106 17	178 89	178 70	232 124	312 204
Понад 100 до 120	33 8	52 15	69 32	94 57	59 2	76 19	101 44	114 44	126 69	179 109	114 25	198 109	198 90	264 156	364 256
Понад 120 до 140	39 9	61 18	81 38	110 67	68 3	88 23	117 52	132 52	147 82	210 130	132 29	233 130	233 107	311 185	428 302
Понад 140 до 160	39 9	61 18	83 40	118 75	68 3	90 25	125 60	140 60	159 94	230 150	140 37	253 150	253 127	343 217	478 352
Понад 160 до 180	39 9	61 18	86 43	126 83	68 3	93 28	133 68	148 68	171 106	250 170	148 45	278 170	273 147	373 247	528 402
Понад 180 до 200	45 11	70 21	97 48	142 93	79 4	106 31	151 76	168 76	195 120	282 190	168 50	308 190	308 164	422 278	592 448
Понад 200 до 225	45 11	70 21	100 51	150 101	79 4	109 34	159 84	176 84	209 134	304 212	176 58	330 212	330 186	457 313	647 503
Понад 225 до 250	45 11	70 21	104 55	160 111	79 4	113 38	169 94	186 94	225 150	330 238	186 68	356 238	356 212	497 353	712 568
Понад 250 до 280	50 11	79 24	117 62	181 126	88 4	126 42	190 106	210 106	250 166	367 263	210 77	396 263	396 234	556 394	791 629

Таблиця Г.6

Динамічні в'язкості мастил [4]

Марка мастила		Динамічна в'язкість μ , Н с/м ² при t = 50 °С
Індустріальне:	12	0,009 — 0,013
	20	0,015 — 0,021
	30	0,024 — 0,030
	40	0,034 — 0,047
	50	0,038 — 0,052
Турбінне:	22	0,018 — 0,021
	30	0,025 — 0,029
	46	0,040 — 0,043
	57	0,050 — 0,053
Моторне Т		0,056 — 0,061
Сепараторне:	Л	0,056 — 0,061
	Т	0,013 — 0,015

Таблиця Г.7

Граничні зазори в посадках з зазором (ГОСТ 25347-82)

Номінальн і розміри, мм	Посадки в системі отвору														
	$\frac{H7}{e7}$	-	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	-	-	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{f9}$	$\frac{H9}{d9}$
	Посадки в системі валу														
	-	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F7}{h7}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$
	Граничні зазори $\begin{matrix} S_{\max} \\ S_{\min} \end{matrix}$, мкм														
Понад 10 до 18	68 32	70 32	77 32	52 16	45 16	54 16	35 6	104 50	120 50	86 32	102 32	61 16	70 16	86 16	163 50
Понад 18 до 30	82 40	86 40	94 40	62 20	54 20	66 20	41 7	131 65	150 65	106 40	125 40	74 20	86 20	105 20	201 65
Понад 30 до 50	100 50	105 50	114 50	75 25	66 25	80 25	50 9	158 80	181 80	128 50	151 50	89 25	103 25	126 25	242 80
Понад 50 до 80	120 60	125 60	136 60	90 30	79 30	95 30	59 10	192 100	220 100	152 60	180 60	106 30	122 30	150 30	294 100
Понад 80 до 120	142 72	148 72	161 72	106 36	93 36	112 36	69 12	228 120	261 120	180 72	213 72	125 36	144 36	177 36	347 120
Понад 120 до 180	165 85	173 85	188 85	123 43	108 43	131 43	79 14	271 145	308 145	211 85	248 85	146 43	169 43	206 43	405 145
Понад 180 до 250	192 100	201 100	218 100	142 50	125 50	151 50	90 15	314 170	357 170	244 100	287 100	168 50	194 50	237 50	470 170

Значення інтеграла ймовірності $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int \exp - \frac{z^2}{2} dz$ [6]

z	Значення $\Phi(z)$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2489	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3437	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4874	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4895	0,4898	0,4901	0,4903	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4924	0,4926	0,4928	0,4930	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4851	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4958	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4983	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1

Нормальні кути (за ГОСТ 8908-81)

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°				4°				18°			55°			110°
		15'	5°			20°			60°			120°		
	30'			6°				22°			65°			135°
		45'		7°				25°			70°			150°
	1°			8°		30°				75°				165°
		1°30'			9°			35°			80°			180°
	2°			10°			40°				85°			270°
		2°30'			12°	45°			90°					360°
	3°		15°					50°			100°			

Таблиця Д.2

Ухили та кути ухилу (за ГОСТ 8908-81)

Ухил	Кут ухилу	Ухил	Кут ухилу	Ухил	Кут ухилу
1 : 500	6' 52,5"	1 : 100	34' 22,6"	1 : 20	2° 51' 44,7"
1 : 200	17' 11,3"	1 : 50	1° 8' 44,7"	1 : 10	5° 42' 38,1"

Таблиця Д.3

Допуски кутів (за ГОСТ 8908-81)

Інтервал довжин L, L_l , мм	Ступінь точності											
	1				2				3			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.		МКМ	мкрад	кут. од.		МКМ	мкрад	кут. од.		МКМ
До 10	50	10"	10"	До 0,5	80	16"	16"	До 0,8	125	26"	26"	До 1,3
Понад 10 до 16	40	8"	8"	0,4-0,6	63	13"	12"	0,6-1,0	100	21"	20"	1,0-1,6
« 16 « 25 «	31,5	6"	6"	0,5-0,8	50	10"	10"	0,8-1,3	80	16"	16"	1,3-2,0
« 25 « 40 «	25	5"	5"	0,6-1,0	40	8"	8"	1,0-1,6	63	13"	12"	1,6-2,5
« 40 « 63 «	20	4"	4"	0,8-1,3	31,5	6"	6"	1,3-2,0	50	10"	10"	2,0-3,2
« 63 « 100 «	16	3"	3"	1,0-1,6	25	5"	5"	1,6-2,5	40	8"	8"	2,5-4,0
« 100 « 160 «	12,5	2,5"	2,5"	1,3-2,0	20	4"	4"	2,0-3,2	31,5	6"	6"	3,2-5,0
« 160 « 250 «	10	2"	2"	1,6-2,5	16	3"	3"	2,5-4,0	25	5"	5"	4,0-6,3
« 250 « 400 «	8	1,5"	1,5"	2,0-3,2	12,5	2,5"	2,5"	3,2-5,0	20	4"	4"	5,0-8,0
« 400 « 630 «	6,3	1"	1"	2,5-4,0	10	2"	2"	4,0-6,3	16	3"	3"	6,3-10,0

Продовження таблиці Д.3

Інтервал довжин L, L_l , мм	Ступінь точності											
	4				5				6			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.		МКМ	мкрад	кут. од.		МКМ	мкрад	кут. од.		МКМ
До 10	200	41"	40"	До 2,0	315	1'0,5"	1'	До 3,2	500	1'43"	1'40"	До 5
Понад 10 до 16	160	33"	32"	1,6-2,5	250	52"	50"	2,5-4	400	1'22"	1'20"	4-6,3
« 16 « 25 «	125	26"	26"	2,0-3,2	200	41"	40"	3,2-5	315	1'05"	1'	5-8
« 25 « 40 «	100	21"	20"	2,5-4,0	16	33"	32"	4-6,3	250	52"	50"	6,3-10
« 40 « 63 «	80	16"	16"	3,2-5,0	125	26"	26"	5-8	200	41"	40"	8-12,5
« 63 « 100 «	63	13"	12"	4,0-6,3	100	21"	20"	6,3-10	160	33"	32"	10-16
« 100 « 160 «	50	10"	10"	5,0-8,0	80	16"	16"	8-12,5	125	26"	26"	12,5-20
« 160 « 250 «	40	8"	8"	6,3-10,0	63	13"	12"	10-16	100	21"	20"	16-25
« 250 « 400 «	31,5	6"	6"	8,0-12,5	50	10"	10"	12,5-20	80	16"	16"	20-32
« 400 « 630 «	25	5"	5"	10-16,0	40	8"	8"	16-25	63	13"	12"	25-40

Продовження таблиці Д.3

Інтервал довжин L, L_I , мм	Ступінь точності											
	7				8				9			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.		
До 10	800	2'45"	2'30"	До 8	1250	4'18"	4'	До 12,5	2000	6'52"	6'	До 20
Понад 10 до 16	630	2'10"	2'	6,3-10	1000	3'26"	3'	10-16	1600	5'30"	5'	16-25
« 16 « 25 «	500	1'43"	1'40"	8-12,5	800	2'45"	2'30"	12,5-20	1250	4'18"	4'	20-32
« 25 « 40 «	400	1'22"	1'20"	10-16	630	2'10"	2'	16-25	1000	3'26"	3'	25-40
« 40 « 63 «	315	1'05"	1'	12,5-20	500	1'43"	1'40"	20-32	800	2'45"	2'30"	32-50
« 63 « 100 «	250	52"	50"	16-25	400	1'22"	1'20"	25-40	630	2'10"	2'	40-63
« 100 « 160 «	200	41"	40"	20-32	315	1'05"	1'	32-50	500	1'43"	1'40"	50-80
« 160 « 250 «	160	33"	32"	25-40	250	52"	50"	40-63	400	1'22"	1'20"	63-100
« 250 « 400 «	125	26"	26"	32-50	200	41"	40"	50-80	315	1'05"	1'	80-125
« 400 « 630 «	100	21"	20"	40-63	160	33"	32"	63-100	250	52"	50"	100-160

Продовження таблиці Д.3

Інтервал довжин L, L_I , мм	Ступінь точності											
	10				11				12			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.		
До 10	3150	10'49"	10'	До 32	5000	17'10"	16'	До 50	8000	27'28"	26'	До 80
Понад 10 до 16	2500	8'35"	8'	25-40	4000	13'44"	12'	40-63	6300	21'38"	20'	63-100
« 16 « 25 «	2000	6'52"	6'	32-50	3150	10'49"	10'	50-80	5000	17'10"	16'	80-125
« 25 « 40 «	1600	5'30"	5'	40-63	2500	8'35"	8'	63-100	4000	13'44"	12'	100-160
« 40 « 63 «	1250	4'18"	4'	50-80	2000	6'52"	6'	80-125	3150	10'49"	10'	125-200
« 63 « 100 «	1000	3'26"	3'	63-100	1600	5'30"	5'	100-160	2500	8'35"	8'	160-250
« 100 « 160 «	800	2'45"	2'30"	80-125	1250	4'18"	4'	125-200	2000	6'52"	6'	200-320
« 160 « 250 «	630	2'10"	2'	100-160	1000	3'26"	3'	160-250	1600	5'30"	5'	250-400
« 250 « 400 «	500	1'43"	1'40"	125-200	800	2'45"	2'30"	200-320	1250	4'18"	4'	320-500
« 400 « 630 «	400	1'22"	1'20"	160-250	630	2'10"	2'	250-400	1000	3'26"	3'	400-630

Продовження таблиці Д.3

Інтервал довжин L, L_I , мм	Ступінь точності											
	13				14				15			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.		
До 10	12500	42'58"	40'	До 125	20000	1°08'45"	1°	До 200	31500	1°48'17"	1°40'	До 320
Понад 10 до 16	10000	34'23"	32'	100-160	16000	55'	50'	160-250	25000	1°25'57"	1°20'	250-400
« 16 « 25 «	8000	27'28"	26'	125-200	12500	42'58"	40'	200-320	20000	1°08'45"	1°	320-500
« 25 « 40 «	6300	21'38"	20'	160-250	10000	34'23"	32'	250-400	16000	55'	50'	400-630
« 40 « 63 «	5000	17'10"	16'	200-320	8000	27'28"	26'	320-500	12500	42'58"	40'	500-800
« 63 « 100 «	4000	13'44"	12'	250-400	6300	21'38"	20'	400-630	10000	34'23"	32'	630-1000
« 100 « 160 «	3150	10'49"	10'	320-500	5000	17'10"	16'	500-800	8000	27'28"	26'	800-1250
« 160 « 250 «	2500	8'35"	8'	400-630	4000	13'44"	12'	630-1000	6300	21'38"	20'	1000-1600
« 250 « 400 «	2000	6'52"	6'	500-800	3150	10'49"	10'	800-1250	5000	17'10"	16'	1250-2000
« 400 « 630 «	1600	5'30"	5'	630-1000	2500	8'35"	8'	1000-1600	4000	13'44"	12'	1600-2500

Продовження таблиці Д.3

Інтервал довжин L, L_l , мм	Ступінь точності							
	16				17			
	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D	AT_α		AT'_α	ATh, AT_D
	мкрад	кут. од.			мкрад	кут. од.		
До 10	50000	2°51'53"	2°	До 0,5	80000	4°35'01"	4°	До 0,8
Понад 10 до 16	40000	2°17'30"		0,4-0,63	63000	3°36'34"		0,63-1
« 16 « 25 «	31500	1°48'17"	1°	0,5-0,8	50000	2°51'53"	2°	0,8-1,25
« 25 « 40 «	25000	1°25'57"		0,63-1	40000	2°17'30"		1-1,6
« 40 « 63 «	20000	1°08'45"		0,8-1,25	31500	1°48'17"		1,25-2
« 63 « 100 «	16000	55'		1-1,6	25000	1°25'57"		1,6-2,5
« 100 « 160 «	12500	42'58"	40'	1,25-2	20000	1°08'45"	1°20'	2-3,2
« 160 « 250 «	10000	34'23"		1,6-2,5	16000	55'		2,5-4
« 250 « 400 «	8000	27'28"	20'	2-3,	12500	42'58"	40'	3,2-5
« 400 « 630 «	6300	21'38"		2.5-4	10000	34'23"		4-6.3

Таблиця Д.4

Конусності та кути конусів (за ГОСТ 8593-81)

Позначення конуса		Конусність C		Кут конуса α		Кут ухилу $\alpha/2$	
ряд 1	ряд 2			кут. од.	рад.	кут. од.	рад.
1 : 500		1 : 500	0,002 000 0	6'52,5"	0,002 000 0	3'26,25"	0,001 000 0
1 : 200		1 : 200	0,005 000 0	17'11,3"	0,005 000 0	8'35,65"	0,002 500 0
1 : 100		1 : 100	0,010 000 0	34'22,6"	0,010 000 0	17'11,3"	0,005 000 0
1 : 50		1 : 50	0,020 000 0	1°8'45,2"	0,019 999 6	34'22,6"	0,009 999 8
	1 : 30	1 : 30	0,033 333 3	1°54'34,9"	0,033 330 4	57'17,45"	0,016 685 2
1 : 20		1 : 20	0,050 000 0	2°51'51,1"	0,049 989 6	1°25'55,55"	0,024 994 8
	1 : 15	1 : 15	0,066 666 7	3°49'5,9"	0,066 642 0	1°54'32,95"	0,033 321 0
	1 : 12	1 : 12	0,083 333 3	4°46'18,8"	0,083 285 2	2°23'9,4"	0,041 642 6
1 : 10		1 : 10	0,100 000 0	5°4'29,3"	0,099 916 8	2°51'44,65"	0,049 958 4
	1 : 8	1 : 8	0,125 000 0	7°9'9,6"	0,124 837 6	3°34'34,8"	0,062 418 8
	1 : 7	1 : 7	0,142 857 1	8°10'16,4"	0,142 614 8	4°5'8,2"	0,071 307 4
	1 : 6	1 : 6	0,166 666 7	9°31'38,5"	0,166 282 4	4°45'49,1"	0,083 141 2
1 : 5		1 : 5	0,200 000 0	11°25'16,3"	0,199 337 4	5°42'38,15"	0,099 668 7
	1 : 4	1 : 4	0,250 000 0	14°15'0,1"	0,248 710 0	7°7'30,05"	0,124 355 0
1 : 3		1 : 3	0,333 333 3	18°55'28,7"	0,330 297 2	9°27'44,35"	0,165 148 6
30°		1 : 1,866 025	0,535 898 5	30°	0,523 598 8	15°	0,261 799 4
45°		1 : 1,207 107	0,828 426 9	45°	0,785 398 2	22°30'	0,392 699 1
60°		1 : 0,866 025	1,154 701 0	60°	1,047 197 6	30°	0,523 598 8
	75°	1 : 0,651 613	1,534 653 2	75°	1,308 997 0	37°30'	0,654 498 5
90°		1 : 0,500 000	2,000 000 0	90°	1,570 796 4	45°	0,785 398 2
120°		1 : 0,288 675	3,464 103 2	120°	2,094 395 2	60°	1,047 197 6

Примітка: Значення конусності або кута конуса, вказані в графі „Позначення конуса”, прийняті за вихідні при розрахунках інших значень, наведених в таблиці

Таблиця Д.5

Поля допусків діаметрів зовнішніх та внутрішніх конусів
(за ГОСТ 25307-82)

Квалітет допуску	Зовнішні конуси															Внутрішні конуси			
	Основні відхилення																		
	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>x</i>	<i>z</i>	<i>H</i>	<i>Js</i>	<i>N</i>
	Поля допусків																		
01					<i>h01*</i>	<i>js01*</i>											<i>H01*</i>	<i>Js01*</i>	
0					<i>h0*</i>	<i>js0*</i>											<i>H0*</i>	<i>js0*</i>	
1					<i>h1*</i>	<i>js1*</i>											<i>H1*</i>	<i>Js1*</i>	
2					<i>h2*</i>	<i>js2*</i>											<i>H2*</i>	<i>Js2*</i>	
3					<i>h3*</i>	<i>js3*</i>											<i>H3*</i>	<i>Js3*</i>	
4				<i>g4</i>	<i>h4</i>	<i>js4</i>	<i>k4</i>	<i>m4</i>	<i>n4</i>								<i>H4*</i>	<i>Js4</i>	
5				<i>g5</i>	<i>h5</i>	<i>js5</i>	<i>k5</i>	<i>m5</i>	<i>n5</i>	<i>p5</i>	<i>r5</i>	<i>s5</i>					<i>H5*</i>	<i>Js5</i>	
6			<i>f6</i>	<i>g6</i>	<i>h6</i>	<i>js6</i>	<i>k6</i>	<i>m6</i>	<i>n6</i>	<i>p6</i>	<i>r6</i>	<i>s6</i>	<i>t6</i>				<i>H6*</i>	<i>Js6</i>	
7		<i>e7</i>	<i>f7</i>		<i>h7</i>	<i>js7</i>	<i>k7</i>	<i>m7</i>	<i>n7</i>			<i>s7</i>		<i>u7</i>			<i>H7*</i>	<i>Js7</i>	
8	<i>d8</i>	<i>e8</i>	<i>f8</i>		<i>h8</i>	<i>js8**</i>	<i>k8</i>							<i>u8</i>	<i>x8</i>	<i>z8</i>	<i>H8*</i>	<i>Js8*</i>	
9	<i>d9</i>	<i>e9</i>	<i>f9</i>		<i>h9</i>	<i>js9**</i>	<i>k9</i>										<i>H9*</i>	<i>Js9**</i>	<i>N9**</i>
10					<i>h10**</i>	<i>js10**</i>	<i>k10</i>										<i>H10**</i>	<i>Js10**</i>	<i>N10**</i>
11					<i>h11**</i>	<i>js11**</i>	<i>k11</i>										<i>H11**</i>	<i>Js11*</i>	<i>N11**</i>
12					<i>h12**</i>	<i>js12**</i>	<i>k12</i>										<i>H12**</i>	<i>Js12*</i>	<i>N12**</i>
13					<i>h13*</i>	<i>js13*</i>											<i>H13*</i>	<i>Js13*</i>	
14					<i>h14*</i>	<i>js14*</i>											<i>H14*</i>	<i>Js14*</i>	
15					<i>h15*</i>	<i>js15</i>											<i>H15*</i>	<i>Js15*</i>	
16					<i>h16*</i>	<i>js16</i>											<i>H16*</i>	<i>Js16*</i>	
17					<i>h17*</i>	<i>js17</i>											<i>H17*</i>	<i>Js17*</i>	

* Поля допусків, не призначені для посадок.

** Поля допусків, призначені, як правило, тільки для конічних посадок з фіксацією по заданому осьовому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення або по заданому зусиллю запресування.

Примітка: 1. Ряди полів допусків, наведені в табл. 2.4., є обмеженням рядів полів допусків із ГОСТ 25347-82 та додатково до нього містять поля допусків K8 – K12 та N10 – N12.

2. Для внутрішніх конусів з номінальними діаметрами до 3 мм замість полів допусків N9 – N12 повинні використовуватися відповідно поля допусків K9 – K12.

Таблиця Д.6

Найбільше відхилення кута конуса $\Delta\alpha_{D\max}$, які можливі при повному використанні допуску T_D (за ГОСТ 25307-82)

Інтервал діаметрів D , мм.	Квалітет допуску T_D								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	$\Delta\alpha_{D\max} (\pm)$, МКМ								
До 3	3	4	6	10	14	25	40	60	100
Понад 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120
« 6 « 10 «	4	6	9	15	22	36	58	90	150
« 10 « 18 «	5	8	11	18	27	43	70	110	180
« 18 « 30 «	6	9	13	21	33	52	84	130	210
« 30 « 50 «	7	11	16	25	39	62	100	160	250
« 50 « 80 «	8	13	19	30	46	74	120	190	300
« 80 « 120 «	10	15	22	35	54	87	140	220	350
« 120 « 180 «	12	18	25	40	63	100	160	250	400
« 180 « 250 «	14	20	29	46	72	115	185	290	460
« 250 « 315 «	16	23	32	52	81	130	210	320	520
« 315 « 400 «	18	25	36	57	89	140	230	360	570
« 400 « 500 «	20	27	40	63	97	155	250	400	630

Примітка: для отримання значення $\Delta\alpha_{D\max}$, в мкрад значення приведені в таблиці, необхідно помножити на $1000/L$, де L – довжина конуса в мм.

Таблиця Д.7

Найбільше відхилення форми $\Delta_{FR\max}$ та $\Delta_{FL\max}$, які можливі при повному використанні допуску T_D (за ГОСТ 25307-82)

Інтервал діаметрів D , мм.	Квалітет допуску T_D								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	$\Delta_{FR\max}$ та $\Delta_{FL\max}$, МКМ								
До 3	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0	12,5	20,0	30,0	50,0
Понад 3 до 6	2,0	2,5	4,0	6,0	9,0	15,0	24,0	37,5	60,0
« 6 « 10 «	2,0	3,0	4,5	7,5	11,0	18,0	29,0	45,0	75,0
« 10 « 18 «	2,5	4,0	5,5	9,0	13,5	21,5	35,0	55,0	90,0
« 18 « 30 «	3,0	4,5	6,5	10,5	16,5	26,0	42,0	65,0	105,0
« 30 « 50 «	3,5	5,5	8,0	12,5	19,5	31,0	50,0	80,0	125,0
« 50 « 80 «	4,0	6,5	9,5	15,0	23,0	37,0	60,0	95,0	150,0
« 80 « 120 «	5,0	7,5	11,0	17,5	27,0	43,5	70,0	110,0	175,0
« 120 « 180 «	6,0	9,0	12,5	20,0	31,5	50,0	80,0	125,0	200,0
« 180 « 250 «	7,0	10,0	14,5	23,0	36,0	57,5	92,5	145,0	230,0
« 250 « 315 «	8,0	11,5	16,0	26,0	40,5	65,0	105,0	160,0	260,0
« 315 « 400 «	9,0	12,5	18,0	28,5	44,5	70,0	115,0	180,0	285,0
« 400 « 500 «	10,0	13,5	20,0	31,5	48,5	77,5	125,0	200,0	315,0

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1

Граничні відхилення лінійних розмірів, за винятком розмірів для скошених країв (за ДСТУ ISO 2768-1-2001, фрагмент)

Клас допуску		Граничні відхилення для інтервалів номінальних розмірів, мм							
Позначення	Опис	понад 0,5*) до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 30	понад 30 до 120	понад 120 до 400	понад 400 до 1000	понад 1000 до 2000	понад 2000 до 4000
<i>f</i>	точний	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
<i>m</i>	середній	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
<i>c</i>	грубий	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
<i>v</i>	дуже грубий	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

*) Для номінальних розмірів менших за 0,5 мм відхилення слід вказувати поруч з номінальним розміром

Таблиця Е.2

Граничні відхилення розмірів для скошених країв (зовнішні радіуси і розміри фасок) (за ДСТУ ISO 2768-1-2001)

Клас допуску		Граничні відхилення для інтервалів номінальних розмірів, мм		
Позначення	Опис	понад 0,5*) до 3	понад 3 до 6	понад 6
<i>f</i> <i>m</i>	точний середній	±0,2	±0,5	±1
<i>c</i> <i>v</i>	грубий дуже грубий	±0,4	±1,0	±2

*) Для номінальних розмірів менших за 0,5 мм відхилення слід вказувати поруч з номінальним розміром

Таблиця Е.3

Граничні відхилення кутових розмірів (за ДСТУ ISO 2768-1-2001)

Клас допуску		Граничні відхилення для інтервалів довжин найкоротшої сторони кута, що розглядається, мм				
Позначення	Опис	до 10	понад 10 до 50	понад 50 до 120	понад 120 до 400	понад 400
<i>f</i> <i>m</i>	точний середній	±1°	±0°30′	±0°20′	±0°10′	±0°5′
<i>c</i>	грубий	±1°30′	±1°	±0°30′	±0°15′	±0°10′
<i>v</i>	дуже грубий	±3°	±2°	±1°	±0°30′	±0°20′

Таблиця Е.4

**Варіанти поєднання загального запису невказаних граничних відхилень
(за ГОСТ 25670-83)**

Варіант	Розміри валів		Розміри отворів		Розміри елементів, які не відносяться до отворів та валів
	круглих (діаметри)	інших	круглих (діаметри)	інших	
	Граничні відхилення для одного загального запису				
1	-IT		+IT		±t/2
2*	-t		+t		±t/2
3	±t/2				
4	-IT	±t/2	+IT	±t/2	±t/2

* Застосування варіанту 2 не рекомендується

Позначення, які прийняті в табл. Е.4:

-IT – односторонні граничні відхилення від номінального розміру в мінус за квалітетом (відповідає валу *h*);

+IT – односторонні граничні відхилення від номінального розміру в плюс за квалітетом (відповідає отвору *H*);

-t – односторонні граничні відхилення від номінального розміру в мінус за класом точності;

+t – односторонні граничні відхилення від номінального розміру в плюс за класом точності;

±t – симетричні граничні відхилення за класом точності

Таблиця Е.5

**Поєднання невказаних граничних розмірів за квалітетами та класами
точності (за ГОСТ 25670-83)**

Варіант	Клас точності	Розміри отворів		Розміри валів		Розміри елементів, що не відносяться до отворів і валів
		круглі	решта	круглі	решта	
1	точний	H12		h12		$\pm t_1/2$ (або IT12/2)
	середній	H14		h14		$\pm t_2/2$ (або IT14/2)
	грубий	H16		h16		$\pm t_3/2$ (або IT16/2)
	дуже грубий	H17		h17		$\pm t_4/2$ (або IT16/2)
2	точний	+t ₁		-t ₁		$\pm t_1/2$
	середній	+t ₂		-t ₂		$\pm t_2/2$
	грубий	+t ₃		-t ₃		$\pm t_3/2$
	дуже грубий	+t ₄		-t ₄		$\pm t_4/2$
3	точний	$\pm t_1/2$				
	середній	$\pm t_2/2$				
	грубий	$\pm t_3/2$				
	дуже грубий	$\pm t_4/2$				
4	точний	H12	$\pm t_1/2$	h12	$\pm t_1/2$	$\pm t_1/2$
	середній	H14	$\pm t_2/2$	h14	$\pm t_2/2$	$\pm t_2/2$
	грубий	H16	$\pm t_3/2$	h16	$\pm t_3/2$	$\pm t_3/2$
	дуже грубий	H17	$\pm t_4/2$	h17	$\pm t_4/2$	$\pm t_4/2$
<u>Примітка.</u> Для класу точності «точний» допускається застосування квалітету 11 (для розмірів менше 1 мм), для класу точності «середній» - квалітету 13 і класу точності «грубий» - квалітету 15						

Таблиця Е.6

**Числові значення симетричних граничних відхилень за класами точності
(за ГОСТ 25670-83, фрагмент)**

Клас точності	Більше 0,5 до 3	Більше 3 до 6	Більше 6 до 30	Більше 30 до 120	Більше 120 до 315	Більше 315 до 1000	Більше 1000 до 2000	Більше 2000 до 3150	Більше 3150 до 5000
Граничні відхилення $\pm t/2$									
точний	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
середній	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,2$	$\pm 0,30$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$
грубий	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,5$	$\pm 0,80$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	$\pm 8,0$
дуже грубий	$\pm 0,15$	$\pm 0,50$	$\pm 1,0$	$\pm 1,50$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	$\pm 8,0$	$\pm 12,0$
<u>Примітка.</u> У табл. Е.6 наведено граничні відхилення для розмірів елементів, що не відносяться до отворів і валів за варіантами 1 і 2, для всіх розмірів за варіантом 3 і для всіх розмірів, крім діаметрів валів і отворів, за варіантом 4 табл. Е.4									

Таблиця Е.7

**Числові значення односторонніх граничних відхилень за класами точності
(за ГОСТ 25670-83, фрагмент)**

Клас точності	Позначення граничних відхилень	Інтервали номінальних розмірів, мм						
		Понад 0,5 до 3	Понад 3 до 6	Понад 6 до 30	Понад 30 до 120	Понад 120 до 315	Понад 315 до 1000	Понад 1000 до 2000
		Граничні відхилення, мм						
точний	$+t_1$	+0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,6	+1,0
	$-t_1$	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-1,0
середній	$+t_2$	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+1,0	+1,6	+2,4
	$-t_2$	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-1,0	-1,6	-2,4
грубий	$+t_3$	+0,3	+0,4	+1,0	+1,6	+2,4	+4,0	+6,0
	$-t_3$	-0,3	-0,4	-1,0	-1,6	-2,4	-4,0	-6,0
дуже грубий	$+t_4$	+0,3	+1,0	+2,0	+3,0	+4,0	+6,0	+10,0
	$-t_4$	-0,3	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-6,0	-10,0

Таблиця Е.8

**Числові значення невказаних граничних відхилень кутів
(за ГОСТ 25670-83)**

Невказані граничні відхилення лінійних розмірів		Граничні відхилення кутів в кутових одиницях і в міліметрах на 100 мм довжини для інтервалів довжини меншої сторони кута в міліметрах									
за квалітетами	за класами точності	до 10		Понад 10 до 40		Понад 40 до 160		Понад 160 до 630		Понад 630 до 2500	
від 12 до 16	точний, середній, грубий	$\pm 1^\circ$	$\pm 1,8$	$\pm 30'$	$\pm 0,9$	$\pm 20'$	$\pm 0,6$	$\pm 10'$	$\pm 0,3$	$\pm 5'$	$\pm 0,15$
17	дуже грубий	$\pm 2^\circ$	$\pm 3,6$	$\pm 1^\circ$	$\pm 1,8$	$\pm 40'$	$\pm 1,2$	$\pm 20'$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0'$	$\pm 0,30$
<u>Примітка.</u> Числові значення граничних відхилень кутів відповідають $\pm AT16/2$ та $\pm AT17/2$ за ГОСТ 8908-81											

Таблиця Е.9

Числові значення невказаних граничних відхилень радіусів закруглення і фасок (за ГОСТ 25670-83)

Невказані граничні відхилення лінійних розмірів		Невказані граничні відхилення лінійних розмірів, мм						
за квалітетами	за класами точності	від 0,3 до 1	Понад 1 до 3	Понад 3 до 6	Понад 6 до 30	Понад 30 до 120	Понад 120 до 315	Понад 315 до 1000
від 12 до 16	точний, середній, грубий	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4
17	дуже грубий	-	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	± 2	± 4	± 8

Таблиця Е.10

Основні допуски прямолінійності та площинності (за ДСТУ ISO 2768-2-2001)

Клас допуску	Допуски прямолінійності і площинності для інтервалів номінальних розмірів, мм					
	До 10	Понад 10 до 30	Понад 30 до 100	Понад 100 до 300	Понад 300 до 1000	Понад 1000 до 3000
<i>H</i>	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
<i>K</i>	0,05	0,10	0,2	0,4	0,6	0,8
<i>L</i>	0,10	0,20	0,4	0,8	1,2	1,6

Примітка. Допуск прямолінійності вибирають, виходячи з довжини елемента, а площинності – на найбільшій довжині сторони поверхні або на діаметрі у випадку кругової поверхні.

Таблиця Е.11

Основні допуски перпендикулярності (за ДСТУ ISO 2768-2-2001)

Клас допуску	Допуски перпендикулярності для інтервалів номінальних довжин коротшої сторони кута, мм			
	До 100	Понад 100 до 300	Понад 300 до 1000	Понад 1000 до 3000
<i>H</i>	0,2	0,3	0,4	0,5
<i>K</i>	0,4	0,6	0,8	1,0
<i>L</i>	0,6	1,2	1,5	2,0

Примітка. За базу приймають довшу із сторін, що утворюють прямий кут

Таблиця Е.12

Основні допуски симетричності (за ДСТУ ISO 2768-2-2001)

Клас допуску	Допуски симетричності для інтервалів номінальних довжин коротшої сторони кута, мм			
	До 100	Понад 100 до 300	Понад 300 до 1000	Понад 1000 до 3000
<i>H</i>	0,5			
<i>K</i>	0,5		0,8	1,0
<i>L</i>	0,6	1,2	1,5	2,0

Таблиця Е.13

Основні допуски перпендикулярності (за ДСТУ ISO 2768-2-2001)

Клас допуску	Допуски радіального биття, торцевого биття, биття у заданому напрямку, мм
<i>H</i>	0,1
<i>K</i>	0,2
<i>L</i>	0,5

Примітка. За базу приймають підшипникові (опорні) поверхні. Для основного допуску радіального биття приймають довший з двох співвісних елементів. Якщо ці елементи мають однакову номінальну довжину, то у якості бази можна прийняти будь який з них.

Таблиця Е.14

Значення невказаних допусків перпендикулярності залежно від квалітету розміру елемента (за ГОСТ 25069-81, фрагмент)

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски перпендикулярності, мм			
	12 і точніше	13 і 14	15 і 16	17
до 10	0,06	0,10	0,16	0,25
понад 10 до 16	0,08	0,12	0,20	0,30
» 16 » 25	0,10	0,16	0,25	0,40
» 25 » 40	0,12	0,20	0,30	0,50
» 40 » 63	0,16	0,25	0,40	0,60
» 63 » 100	0,20	0,30	0,50	0,80
» 100 » 160	0,25	0,40	0,60	1,00
» 160 » 250	0,30	0,50	0,80	1,20
» 250 » 400	0,40	0,60	1,00	1,60
» 400 » 630	0,50	0,80	1,20	2,00

Примітка. За базу приймають поверхню, що має більший розмір, а за однакових розмірів – ту, що має меншу шорсткість

Таблиця Е.15

Значення невказаних допусків співвісності, перетину осей та радіального биття залежно від квалітету розміру елемента (за ГОСТ 25069-81, фрагмент)

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски співвісності, перетину осей та радіального биття, мм			
	12 і точніше	13 і 14	15 і 16	17
до 3	0,05	0,12	0,20	0,3
понад 3 до 10	0,06	0,16	0,25	0,4
» 10 » 18	0,08	0,20	0,30	0,5
» 18 » 30	0,10	0,25	0,40	0,6
» 30 » 50	0,12	0,30	0,50	0,8
» 50 » 120	0,16	0,40	0,60	1,0
» 120 » 250	0,20	0,50	0,80	1,2
» 250 » 400	0,25	0,60	1,00	1,6
» 400 » 630	0,30	0,80	1,20	2,0

Примітка. 1. За базу приймають вісь поверхні, що має більшу довжину, а за однакових довжин – вісь поверхні з допуском діаметра за більш точним квалітетом. 2. Числові значення невказаних допусків співвісності та перетину осей наведені в діаметральному вираженні; для отримання вказаних допусків у радіусному вираженні допуск слід зменшити удвічі.

Таблиця Е.16

Значення невказаних допусків симетричності залежно від квалітету розміру елемента (за ГОСТ 25069-81, фрагмент)

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски симетричності, мм			
	12 і точніше	13 і 14	15 і 16	17
до 3	0,20	0,3	0,5	0,8
понад 3 до 10	0,25	0,4	0,6	1,0
» 10 » 18	0,30	0,5	0,8	1,2
» 18 » 30	0,40	0,6	1,0	1,6
» 30 » 50	0,50	0,8	1,2	2,0
» 50 » 120	0,60	1,0	1,6	2,5
» 120 » 250	0,80	1,2	2,0	3,0
» 250 » 400	1,00	1,6	2,5	4,0
» 400 » 630	1,20	2,0	3,0	5,0

Примітка. 1. За базу приймають площину (вісь) симетрії елемента, що має більшу довжину, а за однакових довжин – елемента з допуском за більш точним квалітетом. 2. Числові значення невказаних допусків симетричності наведені в діаметральному вираженні; для отримання допусків в радіусному вираженні числові значення слід зменшити удвічі.

Таблиця Е.17

Значення невказаних допусків торцевого биття залежно від квалітету розміру елемента (за ГОСТ 25069-81, фрагмент)

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски торцевого биття, мм			
	12 і точніше	13 і 14	15 і 16	17
до 10	0,025	0,04	0,10	0,16
понад 10 до 16	0,030	0,05	0,12	0,20
» 16 » 25	0,040	0,06	0,16	0,25
» 25 » 40	0,050	0,08	0,20	0,30
» 40 » 63	0,060	0,10	0,25	0,40
» 63 » 100	0,080	0,12	0,30	0,50
» 100 » 160	0,100	0,16	0,40	0,60
» 160 » 250	0,120	0,20	0,50	0,80
» 250 » 400	0,160	0,25	0,60	1,00
» 400 » 630	0,200	0,30	0,80	1,20

Примітка. За базу приймають вісь поверхні, що має більшу довжину, а за однакових розмірів – вісь поверхні з допуском діаметра за більш точним квалітетом

Список використаної літератури

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учеб. пособие.: СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 219 с.
2. Зябрева Н.Н. и др. Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения». Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1977
3. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974. – 231 с.
4. Палей М.А. и др. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1 – СПб.: Политехника, 2001. - 576 с. ISBN5-7325-0513.
5. Палей М.А. и др. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 2 – СПб.: Политехника, 2001. - 608 с. ISBN5-7325-0514.
6. Романов А.Б., Устинов Ю.Н. Выбор посадок и требований точности: Справочно-методическое пособие.- СПб.: Политехника, 2008.- 206 с. ISBN 978-5-7325-5.
7. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Отв. ред. Писаренко Г.С. – 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Наук. думка, 1988. 736 с. – ISBN 5-12-000 299-4
8. Якимчук Г.К. та ін. Допуски і посадки: Довідник. – Частина II. / Якимчук Г.К., Адаменко Ю.І., Майданюк С.В., Плівак О.А. – К.: Основа, 2012. – 96 с. ISBN 978-966-699-000-0
9. Якимчук Г.К., Адаменко Ю.І., Плівак О.А. Допуски і посадки: Довідник. – Частина 1. – К.: Основа, 2011. – 96 с. ISBN 978-966-699-618-6
10. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для втузов/ А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

Список використаних нормативних документів

- ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. Зміни: (1-ХІ-1980); (2-ХІІ-1984); (3-ІПС 10-2004). – Чинний від: 01.01.1975.
- ГОСТ 2.320-82 ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов. Межгосударственный стандарт. – Чинний від: 01.01.1984.
- ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. – Чинний від: 01.07.1981.
- ГОСТ 25069-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей. – Чинний від: 01.07.1982.
- ГОСТ 25307-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Система допусков и посадок для конических соединений. – Чинний від: 01.07.1983.
- ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – Чинний від: 01.01.1990.
- ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Зміни: (01.07.1990). – Чинний від: 01.07.1983.
- ГОСТ 25348-82 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм. Зміни: (1-І-1989). – Чинний від: 01.07.1983.
- ГОСТ 25670-83 Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками. – Чинний від: 01.07.1984.
- ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – Чинний від: 01.01.1975.
- ГОСТ 6636-69 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры. Зміни: (1-ІХ-1981); (2-І-1989). – Чинний від: 01.01.1970.
- ГОСТ 8593-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов. – Чинний від: 01.01.1982.
- ГОСТ 8908-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов. – Чинний від: 01.01.1982.
- ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення. – Чинний від: 01.01.1995.
- ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення. – Чинний від: 01.07.1995.
- ДСТУ 2499-94 Основні норми взаємозамінності. Конуси та конічні з'єднання. Терміни та визначення. – Чинний від: 01.07.1995.
- ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. – Чинний від: 01.07.1995.
- ДСТУ ISO 1101:2009 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Геометричні допуски. Допуски форми, орієнтації, розташування та биття (ISO 1101:2004, IDT). – Чинний від: 01.07.2011.

- ДСТУ ISO 2768-1-2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). – Чинний від: 01.01.2003.
- ДСТУ ISO 2768-2-2001 Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). – Чинний від: 01.01.2003.
- ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок (ISO 286-1:1988, IDT). – Чинний від: 01.10.2003.
- ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів (ISO 286-2:1988, IDT). – Чинний від: 01.10.2003.
- ДСТУ ISO 3040:2006 Кресленики технічні. Конуси. Розміри та допуски (ISO 3040:1990, IDT). – Чинний від: 01.01.2008.
- ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури (ISO 4287:1997, IDT + ISO 4287:1997/Cor 1:1998, IDT + ISO 4287:1997/Cor 2:2005, IDT). – Чинний від: 01.07.2004.
- ДСТУ ISO 4288-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Правила і процедури оцінювання структури (ISO 4288:1996, IDT). – Чинний від: 01.01.2003.
- ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів (ГОСТ 2.307-2011, IDT). – Чинний від: 01.09.2014.
- ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 Єдина система конструкторської документації. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT). – Чинний від: 01.09.2014.

Предметний покажчик

Б		- конуса осьове верхнє	101
база	30	-- осьове нижнє	101
биття в заданому напрямку	40	-- осьове основне	101
- радіальне повне	40	-- осьове	101
- радіальне	39	- нахилу площини відносно	
- торцьове повне	40	площини чи осі	36
- торцьове	39	- нижнє	6
бочкоподібність	33	- основне	7
В		- позиційне	37
вал	6	- профілю	57
- основний	15	-- поздовжнього перерізу	32
висота нерівностей профілю найбільша		-- середнє арифметичне	58
	59	- розташування	34
-- профілю по десяти точках	58	- середнє	7
виступ профілю	57	- форми	30
-- місцевий	58	-- заданого профілю	40
відстані конічного з'єднання граничні		-- заданої поверхні	41
кінцеві базові	108	-- та розташування сумарне	39
----- початкові базові	107	Д	
відстань конічного з'єднання базова		діаметр конуса	98
	106	ділянка нормована	29
--- кінцева базова	108	довжина базова	57
--- початкова базова	107	- конічного з'єднання	108
відстань конуса базова	99	- контакту в конічному з'єднанні	
відхилення	6		108
- верхнє	6	- конуса	98
відхилення від круглості	31	- профілю відносна опорна	59
-- паралельності осей (прямих) в		допуск	7
просторі	35	- биття в заданому напрямку	40
---- у спільній площині	35	- діаметра конуса в будь-якому	
-- паралельності площин	35	перерізі	99
-- перетину осей	38	--- в заданому перерізі	100
-- перпендикулярності площин	36	- залежний	41
-- площинності	34	- кінцевої базової відстані	
-- прямолінійності в площині	31	конічного з'єднання	108
--- осі в просторі	31	- конуса осьовий	101
-- симетричності	37	- кута	95
-- співвісності	36	- незалежний	41
-- циліндричності	33	- перетину осей	38
відхилення граничне	6	- перехідної посадки	10
- дійсне	6	- позиційний	37

- посадки з натягом	10	- зовнішній	97
-- за діаметром конуса	105	- номінальний	98
-- за кутом конуса	106	конуси граничні	99
-- із зазором	9	конусність	98
- початкового положення спряжених конусів	107	конусоподібність	33
- початкової базової відстані		крок місцевих виступів профілю	
конічного з'єднання	107	середній	59
- розташування	34	- нерівностей профілю середній	59
- симетричності	37	кут конуса	98
- співвісності	36	- ухилу конуса	98
- стандартний	7	Л	
- форми	31	лінія базова	57
-- заданого профілю	40	- виступів профілю	58
-- заданої поверхні	41	- западини профілю	58
-- конуса	100	- профілю середня	57
-- та розташування сумарний	39	Н	
---- биття основні	131	натяг	8
-- основні	131	- найбільший	9
Е		- найменший	9
елемент середній	30	- середній	9
З		- у конічному з'єднанні	103
зазор	8	нульова лінія	7
- найбільший	9	О	
- найменший	9	овальність	32
- середній	9	огранювання	32
- у конічному з'єднанні	103	одиниця допуску	12
западина профілю місцева	58	основа конуса	97
- профілю	58	отвір	6
з'єднання конічне	102	- основний	14
зміщення спряжених конусів граничні		П	
осьові	108	перекіс осей	35
--- допуск осьового	108	площина конуса базова	99
--- осьове	108	-- основна	99
значення залежного допуску		поверхня номінальна	29
розташування дійсне	42	- прилегла	29
---- максимальне	43	- реальна	29
К		поле допуску	7
квалітет	11	-- конуса	100
коло прилегле	29	-- круглості	32
конус	97	-- профілю поздовжнього перерізу	
- внутрішній	97		32

-- розташування	34		
-- симетричності	37	У	
-- співвісності	37	ухил	95
-- форми	31		
--- та розташування сумаре	39	Ц	
-- циліндричності	33	циліндр прилеглий	29
поле позиційного допуску осі (прямої) в площині	37	Ш	
----- просторі	38	шорсткість поверхні	57
--- площини симетрії чи осі (прямої) в заданому напрямку	38		
положення спряжених конусів граничні			
початкові	107		
--- кінцеве	108		
--- початкове	106		
посадка	7		
- в системі вала	14		
-- отвору	14		
- з зазором	8		
-- конічна	103		
- з натягом	8		
-- конічна	103		
- конічна	103		
- перехідна	9		
-- конічна	103		
посадки допуск	7		
- номінальний розмір	7		
профіль	29		
- поздовжнього перерізу прилеглий	29		
пряма прилегла	29		
Р			
рівень перерізу профілю	58		
розмір	6		
- дійсний	6		
- найбільший граничний	6		
- найменший граничний	6		
- номінальний	6		
розміри граничні	6		
розташування номінальне	30		
- реальне	30		
С			
сідлоподібність	33		

Навчальне видання

АДАМЕНКО Юрій Іванович
ГЕРАСИМЧУК Олена Михайлівна
МАЙДАНЮК Сергій Володимирович
МІНІЦЬКА Наталія Валентинівна
ПАСІЧНИК Віталій Анатолійович
ПЛІВАК Олександр Анатолійович

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

ПРАКТИКУМ

Частина 1

Підп. до друку 28.07.2016. Формат 60x84/16.
Папір офс. Друк різнографічний. Гарн. Times New Roman.
Умовн. др. арк. 9,53. Наклад 300.

Видавець та виготівник «Симфонія форте»
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Крайківського, 2
тел. (0342) 77-98-92

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців
та виготівників видавничої продукції: серія ДК № 3312 від 12.11.2008 р.